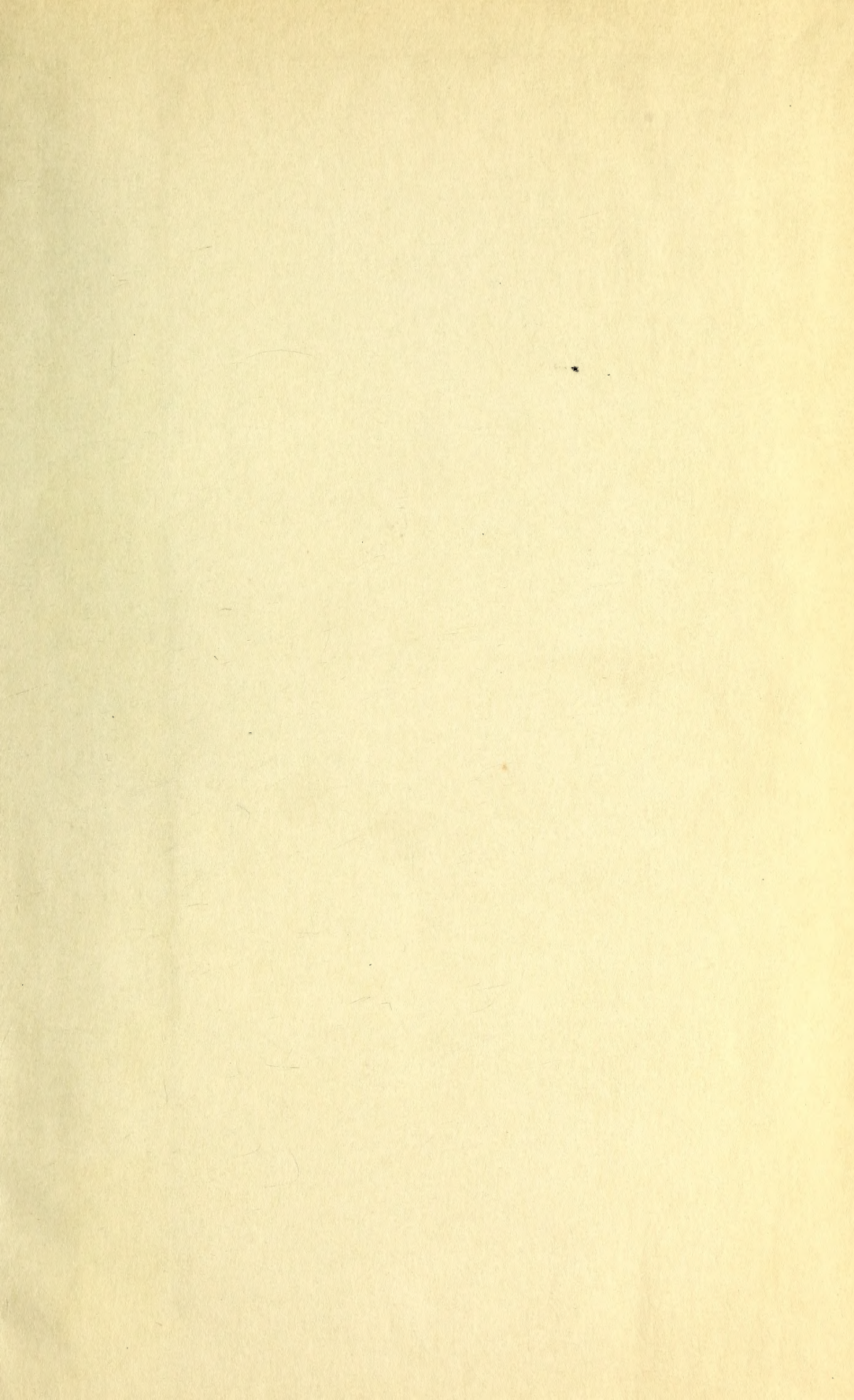




67

2

772
n. m.

91

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

PROCÈS-VERBAUX des séances. — **MÉMOIRES.**

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS. — **BIBLIOGRAPHIE.**

Notes et informations diverses.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

PROCÈS-VERBAUX des séances. — MÉMOIRES.
TRADUCTIONS et REPRODUCTIONS. — BIBLIOGRAPHIE.
Notes et informations diverses.

Tome XVII

(Deuxième série, tome VII)

ANNÉE 1903

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

1903-1904



550.8492

PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Tome XVII

(Deuxième série, tome VII)

ANNÉE 1903

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

EXERCICE 1903

COMPOSITION DU BUREAU ⁽¹⁾, DU CONSEIL ET DES COMITÉS

Président : **X. Stainier.**

Vice-Présidents :

V. Jacques, M. Mourlon, A. Rutot, F. de Schryvere.

Secrétaire général : **E. Van den Broeck.**

Trésorier :

Th. Gilbert.

Secrétaire :

T. Cooreman.

Bibliothécaire :

L. Devaivre.

Délégués du Conseil :

E. Cuvelier, Ad. Kemna, C. Van de Wiele, J. Willems.

Membres du Conseil :

**J. Cornet, J. Kersten, C. Malaise, A. Renard,
H. Rabozée, O. van Ertborn.**

COMITÉS SPÉCIAUX.

COMITÉ DE VÉRIFICATION DES COMPTES :

L. Bauwens, G. Cumont, G. Paquet.

COMITÉ DES PUBLICATIONS :

E. Cuvelier, V. Jacques, G. Jottrand.

COMITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION :

Président : **J. Willems.**

Membres :

Gillet, H. Rabozée, Cl. Van Bogaert, P. Van Ysendyck.

COMITÉ PERMANENT D'ÉTUDES DU GRISOU :

(Voir les listes spéciales, détaillées à la fin du volume.)

(1) Le *Bureau* est constitué par le Président, les quatre Vice-Présidents, le Secrétaire général, le Trésorier et les quatre délégués du Conseil

PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

BRUXELLES

TOME XVII — ANNÉE 1903

SÉANCE MENSUELLE DU 20 JANVIER 1903.

Présidence de M. Ad. Kemna, vice-président.

La séance est ouverte à 8 h. 50.

Correspondance.

M. A. Rutot, président, indisposé depuis plusieurs jours, s'excuse de ne pouvoir assister à la réunion.

M. W. Spring annonce qu'il a terminé les recherches expérimentales sur *l'imbibition du sable par les liquides et les gaz* qu'il avait promises pour la Société; il s'occupe actuellement de la rédaction de son travail.

La Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut demande l'échange de ses publications contre le *Bulletin*. — Renvoi au Bureau.

M. Jean Bertrand fait hommage à la Société du remarquable ouvrage, auquel il a collaboré pour la construction des cartes géographiques, de M. le D^r A. Bonmariage, intitulé : *La Russie d'Europe. Topographie, relief, géologie, hydrologie, climatologie, régions naturelles; les peuples et leur mode de répartition. Essai d'hygiène générale.*

MM. G. Rovereto et P. Vinassa ont fait parvenir un bulletin d'adhésion à leur récente publication : *Giornale di Geologia pratica*. Des renseignements précis ont été demandés au sujet de cette nouvelle revue.

M. H. W. Turner, de la Geological Society of America, remercie la Société de sa bienveillante intervention au sujet de sa candidature comme ingénieur-géologue offrant ses services à l'État Indépendant du Congo.

Dons et envois reçus :

De la part des auteurs :

3954. **Prinz, W.** *Notice jointe à l'édition française des profils représentant la genèse et la structure de l'écorce solide du globe, du Dr Alphonse Stübel.* Leipzig, 1903. Brochure grand in-4° de 6 pages et 1 planche.
3955. **Bonmariage (Docteur A.).** *La Russie d'Europe. Topographie, relief, géologie, hydrologie, climatologie, régions naturelles; les peuples et leur mode de répartition. Essai d'hygiène générale.* Bruxelles, 1903. Volume in-4° de 551 pages, 113 figures et 6 planches.
(Offert par l'auteur des cartes : M. J. Bertrand.)
3956. **Kemna, Ad.** *Zur Biologie des Sandfiltration.* Berlin, 1902. Extrait in-8° de 5 pages. (2 exemplaires.)
3957. **Darwin, Charles.** *Observations géologiques sur les îles volcaniques explorées par l'expédition du « Beagle » et note sur la géologie de l'Australie et du Cap de Bonne-Espérance.* Traduit de l'anglais sur la 3^{me} édit., par A.-F. Renard. Paris, 1902. Vol. in-8° de 218 pages, 14 fig. et 1 planche. (Offert par l'éditeur Félix Alcan.)
3958. **Leriche, M.** *Revision de la faune ichthyologique des terrains crétacés du Nord de la France.* Lille, 1902. Extrait in-8° de 69 pages et 3 planches.
3959. **Leriche, M.** *Notice sur les fossiles sparnaciens de la Belgique et en particulier sur ceux rencontrés dans un récent forage à Ostende.* Lille, 1899. Extrait in-8° de 4 pages.
3960. **Leriche, M.** *Ueber einige Excursionen des VIII. Internationalen Geologen Congresses.* Berlin, 1899. Extrait in-4° de 5 pages.
3961. **Leriche, M.** *Ueber einige Excursionen des VIII. Internationalen Geologen Congresses (suite).* Berlin, 1900. Extrait in-4° de 6 pages.
3962. **Leriche, M.** *Sur la présence de « Sonneratia perampla » dans la Meule.* Lille, 1899. Extrait in-8° de 2 pages. (Réuni au suivant.)
— *Le forage d'Ors.* Lille, 1899. Extrait in-8° de 1 page.
3963. **Leriche, M.** *Description de la faune d'eau douce sparnacienne de Cuvilly (Oise).* Lille, 1899. Extrait in-8° de 10 pages et 1 planche.
3964. **Leriche, M.** *Excursion géologique dans la forêt de Saint-Gobain, les 21 et 22 juin 1899.* Lille, 1899. Extrait in-8° de 8 pages.
3965. **Leriche, M.** *Note sur la faune de la tourbe de Wissant.* Lille, 1899. Extrait in-8° de 2 pages.

3966. **Leriche, M.** *Le Lutétien supérieur aux environs de Pargnan (Aisne)*. Lille, 1901. Extrait in-8° de 4 pages.
3967. **Leriche, M.** *Sur quelques éléments nouveaux pour la faune ichthyologique du Montien inférieur du bassin de Paris*. Lille, 1901. Extrait in-8° de 9 pages et 1 planche.
- *Sur deux Pycnodontidés des terrains secondaires du Boulonnais*. Lille, 1901. Extrait in-8° de 5 pages.
- *Contribution à l'étude des Siluridés fossiles*. Lille, 1901. Extrait in-8° de 11 pages. (Le tout réuni en une seule brochure.)
3968. **Leriche, M.** *Description de deux Unios nouveaux de l'Éocène inférieur du Nord de la France et de la Belgique*. Lille, 1901. Extrait in-8° de 4 pages et 1 planche.
3969. **Leriche, M.** *Faune ichthyologique des sables à Unios et Térédines des environs d'Épernay (Marne)*. Lille, 1900. Extrait in-8° de 24 pages et 2 planches.
3970. **Leriche, M.** *Note sur le Crocodilus depressifrons trouvé à Urcel (Aisne)*. Lille, 1899. Extrait in-8° de 3 pages et 1 planche.
3971. **Leriche, M.** *Géologie de la forêt de Saint-Gobain*. Lille, 1898. Extrait in-8° de 9 pages.
3972. **Meunier, St.** *La géologie générale*. Paris, 1903. Volume in-8° de 333 pages et 42 figures. (Offert par l'éditeur Félix Alcan.)
3973. **Rigaux, E.** *Note sur l'infracrétacé dans le Bas-Boulonnais*. Boulogne-sur-Mer, 1902. Extrait in-8° de 10 pages.
3974. **Trasenster, Paul.** *L'exploitation des charbonnages par l'État*. Liège, 1903. Brochure in-8° de 23 pages.
3975. **Quinet (Dr).** *Le Musée d'histoire naturelle de Bruxelles. Ce qu'il est et ce qu'il devrait être*. Bruxelles, 1902. Extrait in-8° de 4 pages.
3976. **van Ertborn, O.** *Le Musée de Bruxelles et les Iguanodons de Bernissart*. Anvers, 1902. Brochure in-8° de 8 pages.

Présentation et élection d'un nouveau membre :

Est présenté et élu par le vote unanime de l'assemblée :

En qualité de membre associé regnicole :

M. VILAIN, NESTOR, lieutenant du génie, à Anvers.

Communications des membres :

M. le baron O. van Ertborn, s'aidant de figures au tableau, expose un travail destiné aux *Mémoires* et dont le résumé se trouve reproduit ci-après :

LE VOLCANISME

PAR

le Baron VAN ERTBORN

Dans sa communication, intitulée : LE VOLCANISME, M. O. van Ertborn passe d'abord en revue les diverses hypothèses auxquelles a donné lieu la recherche du mécanisme éruptif volcanique.

Faisant remarquer qu'aucune d'elles ne donne de solution satisfaisante, il rappelle que M. le professeur Bonney a dû se borner à émettre l'espoir qu'une *loi physique nouvelle* en fournira l'explication.

Si la cause initiale de l'état de fusion du magma est encore obscure, dit M. van Ertborn, on ne saurait tout au moins nier que deux causes fort différentes doivent provoquer le mouvement ascensionnel des déjections et laves volcaniques : la force expansive de la vapeur d'eau et des gaz, d'une part, et l'action de la pesanteur, d'autre part.

Ce doit être sous forme de contre-pression interne, ajoute-t-il, que la pesanteur agit pour faire se déverser lentement les laves sur les flancs de la montagne.

Le professeur Bonney s'exprime ainsi à ce sujet :

« L'écoulement souvent régulier, et pour un temps continu, des laves par une fissure et leur intrusion dans les couches, font naître l'idée que la masse fluide est expulsée, comme nous le ferions en comprimant un tube compressible contenant de la couleur à l'huile. »

L'orateur passe ensuite à un examen critique des idées émises par M. Stanislas Meunier au sujet du processus volcanique, et il ne peut admettre certains côtés des vues de ce savant, qui considère le volcan comme un véritable appareil hydraulique, faisant accomplir à l'eau un jeu de circulation verticale. Il souligne toutefois avec intérêt la phrase suggestive du savant professeur du Muséum, dans laquelle celui-ci montre l'action de l'eau interne : eau de carrière des roches, vaporisée et s'incorporant par occlusion dans le magma, de manière à le rendre FOISSONNANT.

C'est ce dernier phénomène d'injection gazeuse interne que M. van Ertborn se borne à emprunter à la thèse de M. Stanislas Meunier qui, au point de vue des origines de cette eau, déclare que son opinion, « fondée sur plusieurs ordres de considérations, lui fait admettre que le volcan est alimenté en eau par l'*écroulement*, le long des failles souterraines, de blocs pourvus de l'eau d'imprégnation qui caractérise les assises les moins profondes de la croûte du globe ».

Ce serait, toujours d'après M. Stanislas Meunier, uniquement l'*eau de carrière* contenue dans les roches effondrées qui, en se volatilissant, abaisserait le point de fusion des roches et leur communiquerait la propriété foisonnante qui les rend aptes à devenir éruptives.

Mais, sur cette base, M. Stanislas Meunier conclut, à tort, signale M. van Ertborn, que l'ascension des laves atteignant, comme à l'Etna, parfois 3 000 mètres d'altitude, *est en tout point comparable à l'extravasement d'une eau gazeuse ou de vin de Champagne hors de la bouteille restée droite, mais dont le bouchon a été brusquement enlevé.*

M. van Ertborn ne peut se rallier à une pareille conclusion sur le jeu du mécanisme éruptif et surtout d'écoulement normal des laves. Il fait remarquer que cet écoulement est toujours *lent* et ne se produit pas brusquement. Quelle serait donc, dans l'hypothèse présentée, la force souterraine rendant si continu parfois et si calme souvent ce déversement, que l'image du tube à couleur rend très exactement ?

C'est parce qu'il se rend compte de la difficulté de faire intervenir la circulation, à grande profondeur vers la base de l'écorce terrestre, des eaux souterraines d'infiltration, que M. Stanislas Meunier ne fait appel qu'à l'eau de carrière.

M. van Ertborn admet les effondrements préconisés par le savant professeur du Muséum et la production d'eau de vaporisation avec explosion, mais il a peine à croire que l'eau de carrière, à elle seule, puisse suffire pour produire les actions invoquées. Il se demande si les éléments constitutifs des roches ne pourraient pas fournir l'un des gaz générateurs de l'eau dont il faut invoquer de si énormes quantités.

M. van Ertborn, cependant, reste nettement partisan de l'action parallèle des eaux marines et des eaux de circulation souterraine, voire même des eaux fossiles, ou vestige des mers anciennes, restées incluses dans les roches.

Se référant aux phénomènes qu'ont montrés les événements de la Martinique, M. van Ertborn conteste absolument le bien fondé de la théorie d'une action semblable à celle de la bouteille de champagne. Le débouchage brusque et latéral, le 8 mai, de la cheminée du Mont-

Pelée amena des manifestations explosives et nullement des coulées de lave. L'explosion eut lieu par une fissure latérale et non par le cratère, et ce fut seulement *sept mois plus tard*, soit vers la mi-décembre 1902, que la lave apparut au sommet de la cheminée, dans le cratère terminal et en coulée lente.

Il en résulte, dit M. van Ertborn, que *le caractère explosif n'a aucun rapport avec les épanchements de lave*, et il semble que ce soit seulement un phénomène de contre-pression interne, dû à la pesanteur, qui a permis à la lave de s'épancher au dehors.

C'est, d'après M. van Ertborn, au « foisonnement » ayant réduit dans des proportions considérables la *densité* de la colonne de lave qui se trouve incluse dans la cheminée, qu'il faut attribuer le refoulement du contenu de celle-ci par la contre-pression des masses, plus denses, des régions avoisinant sa base.

« La détente brusque, le débouchage instantané ne peuvent donc rendre compte de l'épanchement lent d'une coulée de lave, à l'instar de la couleur à l'huile sortant d'un tube compressible. Il faut, pour produire ce dernier phénomène, une pression lente et continue, une action qui assure la persistance du phénomène pendant un laps de temps prolongé. »

M. van Ertborn ajoute ensuite :

« En tenant compte du *foisonnement*, qui amène la *diminution de densité*, le phénomène serait identique à celui qui se produit dans l'appareil élévateur d'eau, nommé « compresseur à air » (1).

» Cet appareil est basé sur le foisonnement de l'air et de l'eau, diminuant la densité de cette dernière par mélange. (Pl. A, fig. 1 et 2.)

» L'air comprimé, insufflé par le bas dans une colonne d'eau, élève celle-ci à une hauteur considérable. L'appareil se compose d'une pompe à air, d'un réservoir à air comprimé G pour régulariser le débit, d'un tuyau à air *t* (voir pl. A, fig. 1) recourbé à sa partie inférieure, amenant l'air comprimé au pied du tuyau H, destiné à élever le liquide.

» La pompe à air étant mise en marche, un manomètre fixé sur le réservoir indique la pression. Supposons que celle-ci doive atteindre huit atmosphères pour rompre, dans le cas qui nous occupe, la résistance due à l'inertie de la colonne d'eau remplissant le tuyau destiné à lui servir de conduite d'ascension.

» Il se produit tout à coup *une brusque secousse, une espèce de détonation*, et l'appareil se met à fonctionner. A l'instant, la pression tombe

(1) Désigné aussi sous le nom d'« émulseur », « pompe Mammoth », etc.

Fig. 1.

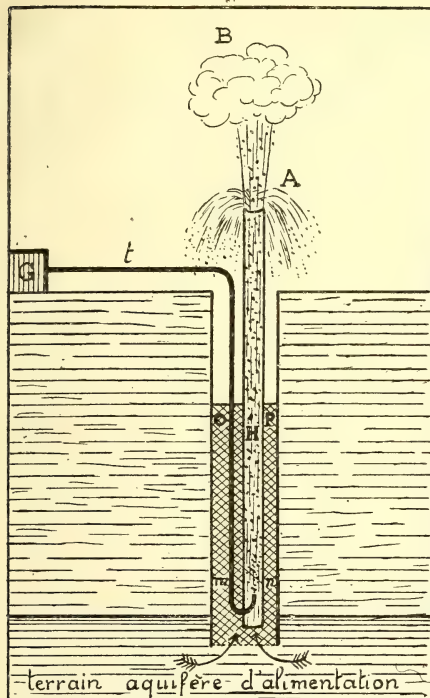


Fig. 2.

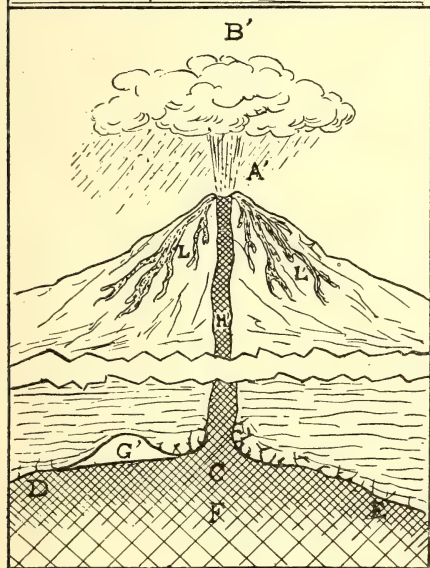
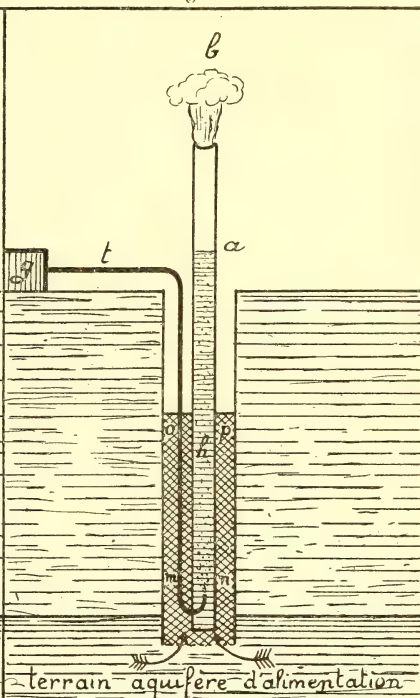


Fig. 3.

Fig. 4.

LE COMPRESSEUR A AIR ET LE VOLCAN.

environ de moitié et l'ascension de l'eau continue à se produire pendant tout le temps que fonctionne la pompe à air.

» L'eau et l'air se sont mis à *foisonner*, constituant un mélange de densité beaucoup moindre que celle de l'eau, densité qui, par exemple, ne sera que de 0.55 si, par litre d'eau, nous envoyons dans le liquide 2 litres d'air.

» L'appareil n'est nullement un objet de cabinet de physique; il est entré dans la pratique, et les Américains en ont construit qui débitent 15 mètres cubes par minute.

» L'appareil provoque donc le *foisonnement de l'eau et de l'air*; mais ce n'est pas celui-ci qui élève l'eau; c'est (voir fig. 1) la colonne *mn op* extérieure au tuyau d'ascension, et dont la densité est restée 1.00, qui presse sur la base de la colonne interne, dont la densité est 0.55, et la refoule.

» Il faudra donc, dans le cas cité plus haut, une colonne trois fois plus haute, de densité 0.55, pour faire équilibre à la colonne *mn op*, dont la densité est restée 1.00.

» Si nous coupons le tuyau d'ascension en A, en dessous du niveau piézométrique du mélange d'eau et d'air, il y aura, d'une part, d'abord jet violent, puis déversement de l'eau en A, et celle-ci, par le fait de la pesanteur, fera cascade tout autour du tube d'amenée. D'autre part, l'air continuera à s'élever, produisant en B un souffle très sensible. Si nous pouvions colorer cet air, comme les hydrologues colorent les sources, nous verrions en B un panache en forme de pin-parasol, comme on en voit au-dessus du cratère d'un volcan en éruption. (Voir fig. 5, en B'.)

» Si l'on diminue ensuite la venue d'air, la densité de la colonne ascendante augmentera; elle ne pourra plus atteindre la partie supérieure du tuyau (voir fig. 2); l'air se dégagera alors en *a*, produisant à ce niveau un léger bouillonnement, tout comme il s'en produit un dans un volcan lorsque la lave, par faute de pression, n'arrive pas à être déversée par le cratère et se maintient au-dessous du niveau de celui-ci (fig. 4, en *a'*).

» Si nous remontions le pied du tuyautage en *op* (fig. 1), tout en le maintenant plongé dans l'eau, les phénomènes ne se reproduiraient plus. C'est donc bien la *contre-pression* qui, en *mn* (fig. 1 et 2), provoque l'ascension du liquide.

» L'appareil à air comprimé est donc un volcan en miniature, où l'air injecté remplace la vapeur d'eau surchauffée et où l'eau et les gaz mêlés dans le tube d'ascension remplacent les laves et les bulles de

la cheminée volcanique, présentant absolument les mêmes phénomènes que les volcans.

» L'eau dans le tuyautage du compresseur, la lave dans la cheminée du volcan, s'élèvent donc, non pas comme le vin de Champagne entraîné par le dégagement du gaz, *mais bien sous l'action de la pesanteur* et des contre-pressions internes, phénomène absolument différent.

» Il paraît cependant étrange, à première vue, que la lave puisse s'élever à 5 000 mètres et plus, par la seule action de la pesanteur. Il ne peut y avoir cependant d'autre cause. »

Il suffit de comparer aux figures 3 et 4, représentant le dispositif volcanique, le dispositif artésien, muni du compresseur à air, en état de charge, soit très accentuée (fig. 1), soit minime (fig. 2) pour saisir immédiatement le bien fondé du principe d'assimilation proposé par M. van Ertborn.

Dans la figure 3, le foisonnement produit en C par l'action des roches disloquées avoisinantes, au contact du magma igné, modifie et diminue fortement la densité de la colonne lavique H', rendue ascensionnelle grâce aux contre-pressions latérales et sous-jacentes des régions non foisonnantes et restées denses : D E F. Il y a déversement lavique en A' au bord du cratère et coulée en LL'; mais, tout d'abord, il y a vive projection en B', tout comme dans le choc initial ayant violemment projeté l'air en B, dans le cas du compresseur de la figure 1. Il est encore permis, pense M. van Ertborn, d'admettre l'existence de dispositifs souterrains, tels que G' : cavités se remplissant de vapeur et de gaz, résultant du foisonnement de la région D E F voisine de C, dispositifs qui joueraient, jusqu'à un certain point, le rôle du réservoir compresseur G de la figure 1.

La figure 4, enfin, montre le cas du volcan sans caractère explosif, analogue à celui du compresseur (fig. 2) insuffisamment chargé d'air. Dans ce cas, le faible degré de foisonnement des roches de la région c et, adventivement, le minime développement des cavités gazeuses g' aidant à la compression des laves, n'ont pu déterminer dans la colonne lavique h' ni une contre-pression suffisante, ni un développement gazeux assez considérable pour amener l'ascension de la lave a' jusqu'aux orifices externes de déversement et, encore moins, pour produire le *choc explosif initial*, correspondant à l'explosion volcanique. Il n'y a alors que de faibles ruptures d'équilibre des tensions internes, restées insuffisantes, non seulement pour amener le processus explosif, mais encore pour permettre l'ascension complète et le *déversement* des laves.

En terminant son exposé, M. van Ertborn rejette, une fois de plus, toute thèse qui, comme celle de M. Stanislas Meunier, dans une certaine mesure, tend surtout à comparer le volcan à un simple appareil hydraulique, c'est-à-dire à un dispositif dans lequel l'eau joue un rôle plutôt passif et n'agit que par l'effet de sa pesanteur.

Dans les volcans, dit enfin M. van Ertborn, l'eau agit par la détente de sa vapeur, tout comme dans les machines, et à ce point de vue il y a une différence radicale entre les deux actions.

M. le *Président* remercie M. van Ertborn de son important exposé et donne ensuite la parole à M. Van den Broeck pour faire une communication relative au même sujet.

NOUVELLE THÉORIE

DE

L'EXPLOSION VOLCANIQUE

BASÉE SUR LA COMBINAISON DES VUES DE M. O. VAN ERTBORN

AVEC LES EXPÉRIENCES ET THÈSES DE MM. A. GAUTIER ET A. BRUN ET AVEC LA THÉORIE DE M. A. STÜBEL

PAR

E. VAN DEN BROECK

Tout d'abord, je déclare être parfaitement d'accord avec M. van Ertborn pour admettre un parallèle très justifié, une véritable *identification* même, entre le principe des forces mises en jeu par les *compresseurs à air*, actuellement adaptés à un grand nombre de puits artésiens, et celui des causes qui provoquent, avec la montée des laves, les *explosions volcaniques*, avec projections de cendres, de vapeurs et émissions de laves.

Toutefois, M. van Ertborn, d'accord avec les errements suivis jusqu'à ce jour, admet le rôle essentiel de la *vapeur d'eau*, dégagée par les réactions internes survenant au contact d'infiltrations profondes, provenant soit des eaux de la mer, soit des eaux des nappes circulant au sein de l'écorce terrestre. Il considère que c'est l'injection interne, dans les laves, de cette vapeur d'eau, qui constitue le facteur auquel seraient dues la contre-pression interne, en même temps que la forte réduction de densité de la *haute colonne lavique* aboutissant à la bouche des volcans.

Tout en ne partageant pas les vues de mon confrère sur ce point spécial, je crois cependant que la *comparaison* que vient de faire M. van Ertborn, entre le processus d'éruption des volcans dits explosifs et l'action de projection des compresseurs à air des puits artésiens, est plus strictement exacte et mieux justifiée encore que ne le croit son auteur lui-même.

Mais ce n'est nullement *de l'eau*, vaporisée et surchauffée, qui monte et s'élève avec les laves dans la cheminée des volcans, et dont les vapeurs, sous haute tension, amèneraient la diminution de densité de la colonne visqueuse des laves, soumises aux pressions latérales des *réservoirs ignés sous-jacents*, d'une densité plus grande. Le facteur gazeux réclamé et obtenu au delà des espérances de M. van Ertborn pour l'application de la thèse du compresseur, nous allons le trouver dans un état d'abondance et de pression extraordinaires, et ce gaz, jouant le rôle de l'air des « compresseurs artésiens », c'est l'HYDROGÈNE!

Or, c'est précisément de tous les gaz celui qui, par sa légèreté et sa force ascensionnelle, est le plus apte à jouer le rôle d'*entraîneur* et d'*agent véhiculatoire* des laves dans lesquelles il a dû apparaître, en foisonnant, dans les régions inférieures de la colonne en fusion. Montant évidemment à l'état de bulles, fortement comprimées, surtout au début, par la double influence des réactions internes originaires et des nombreuses atmosphères de pression ambiantes existant dans les profondeurs de l'écorce terrestre, l'hydrogène foisonne en montant et se détend brusquement à son arrivée au jour, dans le fond ou à l'orifice du cratère, c'est-à-dire à la sortie du bain lavique expulsé des profondeurs. Amené au contact de l'air et soumis enfin à l'influence des *manifestations électriques* qui accompagnent si généralement les éruptions volcaniques, cet hydrogène qui, s'il n'était pas surchauffé et fortement comprimé, se contenterait de brûler paisiblement à l'air, se combine instantanément, sous forme explosive, avec l'oxygène atmosphérique et donne naissance au phénomène bien connu de la *reconstitution de l'eau*, en même temps qu'il y a projection et pulvérisation laviques. C'est donc *alors seulement* que l'eau *prend naissance* au sommet de la cheminée du volcan, comme parfois aussi dans ses bouches adventives et latérales, et on la voit s'élever de ces divers orifices sous forme de ces abondantes et colossales volutes de vapeurs tourbillonnantes et moutonnées, que l'image de toutes les grandes éruptions a popularisées, surtout comme aspect caractéristique de la phase d'activité des volcans à régime explosif.

Par refroidissement dans les couches élevées de l'atmosphère, une

partie de ces vapeurs se condensent et se résolvent instantanément en ces pluies torrentielles, diluviennes, caractéristiques également des éruptions de l'espèce, et si foudroyantes par leur soudaineté et leur intensité qu'elles deviennent elles-mêmes un nouvel élément cataclysmique et de dévastation, venant ajouter ses ravages à ceux du feu.

Déjà, la notion très précise était depuis longtemps obtenue par l'examen microscopique des laves, des scories, des ponces, des lapilli, des sables et des cendres volcaniques, que l'eau ne devait entrer pour rien dans le processus de formation de ces matières, dont la plupart consistent simplement en débris, diversement calibrés, de projections émanant de véritables *explosions* de masses laviques, brisées ou pulvérisées. Cette constatation impliquait déjà le rôle prépondérant *des gaz inclus dans la lave* et se détendant brusquement à leur arrivée au jour.

La structure *vacuolaire* de certains produits volcaniques, dont cette écume des niveaux supérieurs des laves acides, qui est représentée par les *ponces*, fournit un exemple frappant, cette structure montre à l'évidence — par la trace ou « moulage » ainsi conservé de ces inclusions gazeuses, dont aucun caractère non plus ne dénonce un processus dû à la vapeur d'eau — combien l'élément gazeux est prépondérant, surtout vers les régions supérieures et d'arrivée au jour des masses laviques de la cheminée du volcan.

Mais d'où vient ce *gaz hydrogène* exhalé des profondeurs ; quelle est son origine et sur quoi peut-on fonder l'affirmation, émise plus haut, qu'à son arrivée au jour, cet hydrogène, par sa combinaison avec l'oxygène de l'air, *RECONSTITUE de l'eau*? *Quelle eau* se trouve ainsi reconstituée, et n'est-ce donc pas là un retour indirect aux vues régnantes repoussées plus haut, d'après lesquelles les eaux marines, ou les eaux d'infiltration de l'écorce terrestre, ou bien encore l'eau « de carrière » auraient à jouer, dans d'autres conditions peut-être, le rôle primordial qui leur avait été jusqu'ici attribué?

La réponse — et une réponse péremptoire — à toutes ces questions est fournie par les magistrales et fécondes études du savant chimiste français M. *Armand Gautier*, de l'Institut, qui vient d'être amené tout récemment, à la suite d'une série de recherches sur l'hydrogène atmosphérique, publiées tant dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* que dans les *Bulletins de la Société chimique de Paris*, à exposer les résultats inattendus de ses expériences, qui l'ont mis à même, finalement, de formuler une *théorie nouvelle des volcans*.

Cette théorie, à la fois des plus simples et des plus saisissantes, vient

remarquablement se combiner avec celle de M. van Erthorn telle qu'elle est ici amendée et complétée dans la genèse des éléments gazeux qu'elle invoque comme base de l'assimilation qui vient d'être proposée.

Il convient d'ajouter qu'un autre observateur des plus sagaces, M. A. Brun, de Genève, en partant d'une étude visant spécialement la température des laves et le point de fusion de leurs divers matériaux, et en poursuivant, parallèlement aux recherches de M. Gautier, des expériences du même genre, était de son côté arrivé aux mêmes résultats dans leur application à la théorie de l'éruption volcanique dite explosive.

Il est réellement remarquable que ces travaux, poursuivis indépendamment les uns des autres, aient abouti aux mêmes conclusions, et c'est là une garantie de leur haute valeur. Les conclusions de M. A. Brun se trouvent énoncées dans le numéro de juin 1902 des *Archives des Sciences physiques et naturelles* (1), développant les mêmes vues exactement que celles dont le principe se trouvait déjà énoncé le 22 octobre 1900 par M. A. Gautier dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* (2) et qui, reprises dans les *Comptes rendus* des 14 et 28 janvier 1901 (3) et précisées ultérieurement (4), ont abouti au très suggestif exposé présenté à l'Institut par M. A. Gautier en décembre 1902 et qui n'a toutefois paru que dans le numéro du 5 janvier 1903 (5). Dans cet article, la grande portée des recherches et constatations du savant chimiste français pour la genèse du processus volcanique, spécialement dans ses manifestations explosives, est mise en relief, ainsi qu'il convient. Ces vues si révélatrices se trouvent ainsi toutes prêtes, par l'adjonction que vient leur apporter la thèse, un peu amendée, de M. van Erthorn, à illuminer d'un jour entièrement nouveau l'obscur problème du processus éruptif volcanique; elles aboutiront, j'espère pouvoir le démontrer ultérieurement, à des résultats d'un ordre plus général encore.

(1) A. BRUN, *Notes pouvant servir de base à une théorie de l'explosion volcanique.* (ARCH. DES SC. PHYS. ET NAT., 4^e période, t. XIII, n^o de juin 1902, pp. 596-601.)

(2) A. GAUTIER, *Origines de l'hydrogène atmosphérique.* (C. R. ACAD. DES SCIENCES DE PARIS, t. CXXXI, n^o 17, 22 octobre 1900, pp. 647-652.)

(3) A. GAUTIER, *Produits gazeux dégagés par la chaleur de quelques roches ignées* (C. R. ACAD. DES SCIENCES DE PARIS, t. CXXXII, n^o 2, 14 janvier 1901, pp. 58-64.)

(4) A. GAUTIER, *Production de l'hydrogène dans les roches ignées. — Action de la vapeur d'eau sur les sels ferreux.* (IBIDEM, n^o 4, 28 janvier 1901, pp. 189-194.)

(5) A. GAUTIER, *A propos de la composition du gaz des fumerolles du Mont-Pelée. — Remarques sur l'origine des phénomènes volcaniques.* (IBIDEM, t. CXXXVI, n^o 1, 5 janvier 1903, pp. 16-20.)

Je compte reprendre et rédiger à loisir pour les *Mémoires*, en le complétant, l'exposé détaillé des recherches et des travaux de MM. Gautier et Brun, car je crois d'autant plus utile de faire l'analyse aussi complète que possible de leurs travaux, que ceux-ci comprennent, du moins en ce qui concerne M. Gautier, un très grand nombre d'articles épars, depuis 1900, dans divers recueils comprenant notamment six gros volumes des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. Les géologues me sauront gré, j'espère, de réunir à leur intention, dans le travail projeté, les données extraites de ces nombreux travaux, qui sont appelées à les intéresser, d'autant plus, il ne faut pas se le dissimuler, qu'ils donneront lieu à de sérieuses controverses et discussions.

Les quelques données préliminaires qui vont suivre et qui sont tirées des dernières publications du savant chimiste français, suffiront pour montrer l'importance des résultats obtenus par MM. Gautier et Brun.

C'est à l'occasion des données fournies par M. Moissan sur la composition des gaz provenant des fumerolles du Mont-Pelée (1) que M. Gautier a tenu à rappeler l'identité de nature des gaz volcaniques avec ceux que, au cours de ses expériences de laboratoire de ces dernières années, il avait obtenus comme émanations, sous l'influence de la température portée au rouge naissant, des roches cristallines, telles que les granits, porphyres, ophites, lherzolites, etc. Placées dans les conditions voulues d'élévation de température, ces roches ont fourni, outre une très notable proportion d'eau, — qui n'est nullement de « l'eau de carrière », mais une *eau de constitution*, — une proportion assez forte de gaz, pouvant s'élever jusqu'à seize fois le volume de certaines des roches expérimentées.

Les bombes, lapilli et cendres projetés par le Mont-Pelée sont formés d'une andésite dont les inclusions, à base d'hyperstène, contiennent de fortes proportions de silicates ferro-magnésiens. Ce sont là précisément les types des roches « cristalliniennes » profondes qui se sont montrées, dans le laboratoire de M. Gautier, les plus aptes, par simple influence de la chaleur, à fournir, en même temps qu'une forte proportion d'eau de constitution, — réapparaissant d'ailleurs à chaque application de la chaleur, — un volume considérable de gaz : les mêmes, qualitativement, que ceux des fumerolles du Mont-Pelée, savoir : l'hydrogène,

(1) HENRI MOISSAN, *Sur la présence de l'argon, de l'oxyde de carbone et des carbures d'hydrogène dans le gaz de fumerolles du Mont-Pelée, à la Martinique*. (C. R. DE L'ACAD. DES SCIENCES DE PARIS, t. CXXXV, n° 24, 15 décembre 1902, pp. 1085-1088.)

l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, le méthane ou grisou, et encore quelques gaz accessoires (azote, argon, etc.).

Mais, dans ces expériences, c'est surtout l'HYDROGÈNE qui, avec l'acide carbonique, venant ensuite comme degré d'abondance, est dégagé en *quantité prépondérante*, comme le montrent certains granits, d'où cet élément gazeux a été dégagé à proportion de plus de 77 % des gaz produits.

L'hydrogène, d'ailleurs, ne résulte pas seulement des émanations directes gazeuses de la roche sous l'influence de la chaleur au rouge; il est encore produit corrélativement par la réaction chimique qui, faisant apparaître l'eau de constitution de la roche surchauffée, la fait aussi se décomposer en ses deux éléments dont l'un, l'oxygène, se combine avec les silicates ferreux de la roche (péridot, hyperstène, pyroxène, biotite, augite, etc.), qui le fixent en se transformant en silicates ferriques ou ferroso-ferriques, tandis que l'hydrogène, *libéré*, s'ajoute à celui émanant directement à l'état gazeux de la roche portée au rouge.

Il semblerait que la très infime proportion d'eau de constitution que la chaleur parvient à faire dégager des roches « cristalliniennes » ne puisse amener des réactions bien importantes. Et cependant il n'en est rien, comme on va le voir.

Les expériences de M. Gautier ont montré que 1 kilogramme de granit porté au rouge produit 10 grammes d'eau, dont 7 à 8 grammes vers le rouge, et produit aussi un volume de gaz égal à sept ou huit fois celui de la roche. Un mètre cube de granit, pesant 2 664 kilogrammes, donnera donc, dit M. Gautier, 26 640 litres d'eau; *un kilomètre cube* en fournira donc 26 640 000 tonnes, soit plus de 26 millions de mètres cubes. Les gaz directement dégagés de ce kilomètre cube de roches échauffées produisent, à leur tour, 7 milliards de mètres cubes de gaz combustibles, qui, produits à la température du rouge, occupent alors un volume triple (1).

(1) Une réflexion, d'ordre restrictif, s'impose ici, au sujet de l'application du raisonnement de M. Gautier à des volumes rocheux aussi considérables que des kilomètres cubes de roches cristalliniennes qu'affecteraient d'importants phénomènes d'élévation de température. Une forte et uniforme élévation de température d'une masse profonde telle qu'un *kilomètre cube* de roches cristalliniennes ainsi influencé ne peut guère se comprendre sans trop de difficultés, semble-t-il, que s'il s'agit de masses cristalliniennes s'étendant sur *de nombreux kilomètres d'étendue souterraine*, mais avec des épaisseurs affectées relativement *peu considérables*. Il ne semble pas que la chaleur émanant de masses ignées mises, par glissement ou par effondrement, en contact avec des roches cristallines, puisse affecter celles-ci sur des

Que l'on juge de l'effort colossal des pressions internes ainsi obtenues par le simple échauffement des roches; n'y trouve-t-on pas réellement, comme le préconise M. van Ertborn, la merveilleuse amplification du dispositif des « compresseurs à air » prêt, sous cette forme grandiose, à faire foisonner le gaz léger injecté dans la masse lavique de toute cheminée volcanique voisine et à en diminuer en même temps la *densité*, de manière, grâce aux *contrepressions internes* développées tant par cette différence de densité que par l'action élévatoire et propulsive des gaz injectés, à en forcer irrésistiblement l'ascension jusqu'aux cratères et bouches d'émission superficielles?

Mais revenant aux gaz exhalés *directement* par le granit et tablant sur la proportion de 70 % d'hydrogène que contiennent ces gaz pour le dégagement fourni par ce type de roche, on arrive, avec M. Gautier, à conclure que 1 mètre cube de granit fournira encore 700 litres d'hydrogène. Le kilomètre de roche dont la production d'eau de constitution a été calculée tantôt, comme s'élevant à 26 millions de mètres cubes, fournira encore comme résultat de ses 7 milliards de mètres cubes de gaz, 5 295 millions de mètres cubes d'hydrogène. Arrivé à la surface de la colonne lavique du volcan et par combinaison avec l'oxygène de l'air, cet hydrogène donnera naissance au même volume de vapeur d'eau. Celle-ci, à raison de 0^{gr},806 par litre, constituera ainsi un apport supplémentaire de 4 266 000 tonnes d'eau. Avec les 26 millions de tonnes obtenus par dégagement de l'eau de constitution, le *kilomètre cube* de roche granitique aura ainsi produit environ 51 millions de tonnes d'eau. « C'est, dit M. Gautier, la masse d'eau qui coule en

épaisseurs très fortes. Il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner ce qui se passe à l'extérieur du volcan, alors que la lave se montre si peu conductrice qu'elle est déjà figée et refroidie à la surface, tandis que, intérieurement, la coulée conserve, pendant des périodes prolongées, sa température de fusion.

Des phénomènes pouvant se produire dans quelques mètres ou décimètres d'épaisseur de granit et s'appliquer aisément à quelques centaines de mille mètres cubes plus ou moins « latéraux » de cette roche, peuvent ne plus se trouver justifiés si l'on voulait étendre le calcul à des masses profondes qui seraient affectées sur des épaisseurs « kilométriques », voire même simplement « hectométriques ».

Il est hors de doute d'ailleurs que c'est bien avec l'interprétation rationnelle ci-dessus que l'entend M. Gautier, lorsqu'il étend à un *kilomètre cube* de granit les résultats fournis expérimentalement par l'échauffement au rouge de minimales quantités de la même substance. Pendant l'impression de la présente note, ceci m'est d'ailleurs confirmé par l'auteur, qui m'écrit que, quand il parle d'un kilomètre cube de granit, il ne veut en effet nullement dire un cube d'un kilomètre de côté, mais vise le *volume* d'un kilomètre cube, s'appliquant à une couche aussi mince qu'on voudra, pourvu qu'elle soit assez étendue.

douze heures à Paris dans le lit de la Seine, avec le débit moyen de 694 mètres cubes à la seconde (1). »

Voici comment conclut la note du 5 janvier 1903 de M. Gautier :

On voit que pour expliquer l'origine de l'eau des volcans, la nature des gaz qu'ils rejettent, et la violence des phénomènes éruptifs, il n'est nécessaire, ni de faire intervenir la pénétration des eaux de la mer jusqu'au feu central, ni d'invoquer les réactions internes qui peuvent encore s'y produire, réactions fort hypothétiques, car elles ont probablement atteint leur état d'équilibre définitif depuis les milliers d'années que les matériaux terrestres sont portés à l'incandescence. Mais il suffit, pour qu'il se produise des éruptions gazeuses d'eau et de gaz combustibles caractérisant les volcans, que les dépôts de roches sédimentaires, toujours décroissants sur les continents et croissants sur le fond des mers, se répartissent inégalement à la surface du globe et que les formes internes se modifient elles-mêmes lentement ou brusquement sous l'effet de ces pressions, pour que les strates profondes se réchauffent de quelques centaines de degrés au contact des parties centrales encore fondues qui pénètrent à travers toutes leurs fissures.

Le dégagement des gaz volcaniques avec leur composition et leur pression formidable sera la conséquence nécessaire de ce simple réchauffement.

De même que j'ai cru devoir, dans l'intérêt même de l'ingénieuse hypothèse émise par M. van Ertborn, en modifier certaines données, et me suis trouvé amené à remplacer son facteur essentiel *vapeur d'eau* par l'élément *gaz hydrogène* et autres gaz combustibles, de même aussi

(1) Un cube de 1 kilomètre de côté n'est, en somme, dit M. Gautier, qu'une masse bien petite dans l'immense volume des couches terrestres, ou vis-à-vis du cubage des Alpes, ou simplement comparé à quelques-uns des *effondrements historiques*, tels que celui du Grand-Ruun, près du golfe de Cutch, dans l'Inde, qui, en 1819, engloutit dans la mer *un volume de plus de 20 kilomètres cubes*.

Cela est exact assurément, mais si l'engloutissement dans la mer de 15 ou 20 kilomètres cubes de roches est peu de chose dans la grandeur de certains phénomènes d'ordre tectonique, il est beaucoup moins facile d'imaginer que de pareils cubes puissent être, *dans toute leur épaisseur*, portés aux températures élevées nécessaires aux réactions dévoilées par les expériences de laboratoire. Pour y arriver, il faut laisser entièrement de côté, comme c'est d'ailleurs dans la pensée de M. Gautier, la notion de volumes cubiques de forte épaisseur, pour n'appliquer le raisonnement qu'à des volumes dont l'une des surfaces aurait un développement considérable et dont l'épaisseur affectée resterait relativement minime : tels les volumes adjacents aux surfaces souterraines de contact, de faille, de glissement, de chevauchement, etc., soit précisément là où, en effet, ont le plus de chances de se produire, tant les phénomènes de décollement, d'effondrement, etc., que les phénomènes calorifiques dus au frottement ou à l'influence de voisinage de roches sous-jacentes, à températures élevées, ou même ignées.

je compte ultérieurement chercher à apporter certains correctifs à l'exposé des considérations touchant les éléments d'ordre *tectonique* ou plutôt géomorphologique, invoqués par M. A. Gautier, pour expliquer les phénomènes d'élévation de température qui doivent être l'occasion des dégagements gazeux et aqueux des roches profondes cristallines.

Pour le moment, je me bornerai à objecter que l'*extrême lenteur* des phénomènes d'ablation continentale et de sédimentation marine qui pourraient, par leur importance, influencer comme source de modification de pression sur l'écorce terrestre et réagir dans les profondeurs pour y amener des modifications d'équilibre, n'est guère favorable à ce que seuls de tels facteurs puissent être mis en corrélation avec l'histoire et avec l'évolution, parfois très rapide, des manifestations volcaniques.

A cela M. Gautier pourrait répondre que cette lenteur est cependant conciliable, jusqu'à un certain point, avec l'évolution si brusque des phénomènes volcaniques. Ceux-ci, en effet, ne se produisent que quand l'action des gaz réactionnels a acquis une pression suffisante pour provoquer les phénomènes d'émission ou de projection au dehors. Le phénomène peut être lent et continu dans sa cause, tout en nous surprenant par sa brusquerie, ses manifestations ne nous étant perceptibles que par la destruction de certains obstacles à l'expansion des fluides et des matières internes.

Il y aurait toutefois à fournir, comme motifs originaux des phénomènes calorifiques invoqués, bien d'autres facteurs, appelés à agir plus énergiquement sur les modifications d'équilibre interne des compartiments et voussours de l'écorce terrestre pouvant entrer en activité de mouvement et provoquer, en profondeur, les phénomènes de réchauffement. L'étude de ce point de vue, qui paraît pouvoir être traitée comme un corollaire confirmatif des vues de M. Stübel, sera reprise ultérieurement et je compte développer tout spécialement l'examen de cette question dans le mémoire destiné à amplifier la présente communication. Mais, dès aujourd'hui, je tiens à faire remarquer que l'ensemble de vues nouvelles qui se basent, d'une part, sur les recherches et expériences de MM. Gautier et Brun, d'autre part, sur le processus d'action des compresseurs à air des puits artésiens, évoqué par M. van Erthorn, s'applique également bien à n'importe laquelle des vues générales que l'on pourrait adopter pour la genèse et la constitution de l'écorce terrestre dans ses rapports avec les magmas en fusion.

Quelques remarques complémentaires vont brièvement en fournir la preuve.

Le géologue qui, malgré tant de bonnes raisons à opposer à ces vues, est encore partisan d'un feu central communiquant *directement* avec les cheminées volcaniques, et qui considère l'écorce terrestre comme une masse dépourvue de foyers périphériques et subissant, dans toute son épaisseur, à la façon de la couche corticale d'une pomme ridée, les effets et les plissements de la contraction multiséculaire, interprète donc cette écorce comme ayant continué jusqu'à nos jours à subir, *dans toute sa masse*, une série d'efforts tangentiels ayant fait coïncider avec les plis dus à la contraction la localisation d'immenses fractures et failles traversant de part en part ladite écorce.

La figure classique ci-après (1) représente la synthèse de ce système. On y voit le pli, fracturé et faillé, séparer une région haute d'une région basse, différenciation qui est le résultat de l'action tectonique qui a amené le pli ici représenté comme ayant affecté tout l'ensemble de l'écorce terrestre entourant un noyau central igné, mais qui, il importe de le remarquer, peut aussi ne représenter qu'une *fraction de l'épaisseur* de cette écorce, fraction mise en contact par-dessous, soit avec une zone ignée, telle qu'un des foyers périphériques les plus supérieurs du système Stübel, soit avec une masse ignée unique, circumcentrale, entourant un noyau de constitution quelconque.

Par suite tout simplement des altitudes inférieures de la dépression, celle-ci est envahie par les eaux marines, ou autres, qui s'y accumulent en *a a'*, tandis que la région haute *b b'* représentera la section transversale du pli, qui se prolonge (normalement au dessin) sous forme d'une chaîne montagneuse côtière ou littorale. Les *cassures* alors, principalement réunies d'après les lois de la mécanique, sur le flanc abrupt *C*, serviront d'amorce et de guide tout indiqués à l'intrusion des laves et du magma fluide *D*, lesquels, arrivés au jour en *d*, *d'* et *d''*, y créeront des exutoires du réservoir igné *D*, c'est-à-dire des volcans et des bouches éruptives.

(1) Décalqué, dans ses éléments principaux, d'après le tracé classique que rééditent l'un après l'autre divers manuels, le dessin ci-après présente le manque de proportion habituel des figures schématiques de ce genre. En effet, par rapport à l'épaisseur de la croûte terrestre, qui doit être évaluée à plus de 60 kilomètres, la profondeur des mers, s'étendant en *a a'*, et la hauteur de la chaîne montagneuse dont les sommets sont en *b b'* se trouvent considérablement exagérées. Mais la mise au point du dessin d'après des proportions normales en rendrait moins saisissant le côté démonstratif. D'ailleurs, le défaut de proportion s'amoindrit considérablement lorsqu'on considère le magma igné représenté comme un *foyer périphérique*, inclus au sein de l'écorce terrestre, dont la partie supérieure, alors seule représentée ici, ne constituerait plus qu'une minime fraction.

La proximité relative, parfois immédiate, de la mer dans des sites pareils avait fait croire, non pas tout simplement que la distribution très générale des volcans le long de certains rivages maritimes montagneux est essentiellement due à l'accident tectonique et à ses conséquences altimétriques, mais elle avait porté les géologues à admettre que la proximité de la mer — simple corollaire de la production de zones déprimées, voisines de relèvements montagneux — devait être considérée comme un facteur *agissant*, source de l'intrusion des eaux marines, dont la réaction souterraine, au contact du réservoir *D*, aurait provoqué le phénomène volcanique avec ses colossales sorties de vapeurs d'eau, etc.

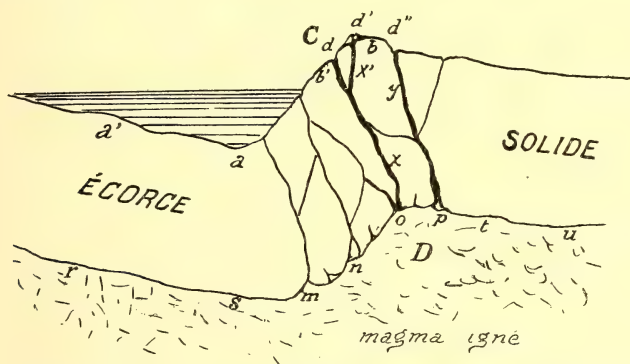


FIG. 1. — Dispositif pouvant servir indifféremment à illustrer l'hypothèse du magma igné considéré comme « feu central » ou « circumcentral » en présence de l'ensemble de l'écorce terrestre, et l'hypothèse d'une masse ignée laccolithique (foyer périphérique) recouverte par la partie superficielle, seule plissée et fracturée, de cette même écorce, alors représentée partiellement dans son épaisseur.

Écartant ce point de vue accessoire, erroné si on le considère comme une donnée générale, et revenant à la figure schématique, bien connue, représentée ci-dessus, n'y lit-on pas clairement que les mouvements et glissements des voussours corticaux terrestres, leurs ruptures d'équilibre, chutes et effondrements devront se produire de préférence précisément dans les régions disloquées telles qu'en *m n o p*, plutôt que dans les régions latérales à allures régulières *rs tu*, non en rapport avec les parties disloquées et faillées en connexion avec l'accident tectonique?

Pour les partisans du feu central donc, les phénomènes mécaniques de frottement, de glissement, d'effondrement et de chutes internes des zones rocheuses cristalliniennes profondes, libérées et amenées ainsi, par les simples lois de la pesanteur, en contact avec les régions du magma igné, se produiront fatalement avec plus de fréquence et

d'intensité que partout ailleurs, précisément aux points où la structure disloquée de l'écorce terrestre aura donné naissance aux volcans de la surface actuelle. Il en résulte que les processus spéciaux invoqués par les thèses de MM. Gautier et Brun, d'une part, et van Ertborn, de l'autre, se produiront de manière à *affecter précisément les régions disloquées où se trouveront géographiquement localisés la plupart des volcans.*

Pour ceux qui, ayant abandonné l'hypothèse du feu central, admettent une mer ignée entourant un noyau soit solide, soit présentant à la fois une densité et une viscosité toutes spéciales, le raisonnement restera exactement le même que dans le cas précédent, avec cette différence que les volcans et leurs cheminées laviques ne communiquent plus alors avec le noyau central igné, mais avec une masse fluide circumcentrale, qui, dans la figure ci-dessus, resterait le magma igné *D*. Les partisans de cette thèse ne trouveront pas plus d'objection que les précédents à l'adoption des vues nouvelles dont s'illumine la question du volcanisme.

Il pourrait être utile, pour répondre d'avance à certaines objections, de signaler rapidement pour quels motifs il est des volcans, dont le type est fourni, par exemple, par ceux d'Hawaï, qui n'obéissent en rien au processus explosif qui est spécialement visé dans les travaux de MM. Gautier, Brun et van Ertborn. Les raisons en peuvent être multiples, mais il suffira, pour le moment, d'en signaler une qui ne paraîtra pas sans valeur, d'autant plus qu'elle s'applique précisément à ces volcans d'Hawaï qui contrastent si vivement avec les volcans à régime dit explosif.

Le Pacifique constitue une immense et profonde cuvette, dont les bords sont jalonnés de près par de nombreuses trainées et séries de volcans et de chaînes volcaniques, généralement du type explosif et qui, situés sur des reliefs montagneux ou sur de puissants replis sous-marins à sommets émergés, constituent précisément des points faibles et disloqués, sinon de l'écorce terrestre considérée dans son épaisseur tout entière, comme le ferait croire, dans sa version classique, le croquis de tantôt, du moins de ses *régions solides superficielles*, ainsi qu'on le verra plus loin, et sous lesquelles des matières ignées laccolithiques s'étendent vraisemblablement, suivant les vues, qui seront rappelées tantôt, de M. le Dr A. Stübel.

Les phénomènes de dislocation fréquente, de rupture d'équilibre, d'effondrement ou de glissement et, par conséquent, d'élévation de température et aussi tout le *processus source de l'éruption explosive* est

donc bien indiqué comme devant régner tout autour de cette garniture périphérique de volcans encerclant les bords, plissés et disloqués, de l'énorme cuvette de l'océan Pacifique. Mais les volcans d'Hawaï, isolés *en plein centre* du Pacifique, sont, eux, situés sur un léger accident, très localisé, appartenant à la partie centrale, très déprimée, de cette profonde cuvette. Il y a là, conformément aux vues de Suess, une zone étendue d'effondrement lent et de pression maximum et continue, agissant sur la plus grande partie de la croûte infrapacifique qui repose sur le vaste lac ou foyer igné auquel paraît devoir correspondre la dépression du Pacifique. Sur d'immenses étendues, tout autour d'Hawaï, règnent d'uniformes et profondes plaines sous-marines, dont le soubassement ne semble dérangé par aucun accident tectonique appréciable. Il n'est plus question ici de points faibles, de dislocations, de glissements de voussoirs pour la partie de l'écorce qui sépare le plancher de l'abîme maritime du plafond de la mer ignée qui s'étend au-dessous. Il n'y a donc pas non plus, dans ces parages, de phénomènes de réchauffement de roches amenant tout le cortège de productions gazeuses et de phénomènes explosifs des régions disloquées en cours de travail localisé avec et par l'accident tectonique. Il y a là, au milieu du Pacifique, une pression colossale, *uniforme et continue*, qui s'exerce de haut en bas, une tendance à l'affaissement graduel de tout le centre de la cuvette, qui n'a pas besoin du « compresseur gazeux » pour faire écouler lentement de temps à autre par ses cheminées d'Hawaï le trop-plein de lave, qui sort paisiblement et par périodes irrégulières, suivant le jeu du phénomène d'affaissement pressant sur cette région centrale des eaux maritimes et de la mer ignée sous-jacente tout à la fois. Aussi la lave des volcans d'Hawaï s'écoule-t-elle simplement par trop-plein : telle la couleur fluide émergeant doucement d'un tube métallique lentement pressé par les doigts du peintre.

Le gaz hydrogène, dont la fluidité très spéciale des laves basiques d'Hawaï ne contrarie pas le dégagement, y est en minime quantité, précisément parce qu'il n'a guère l'occasion de se former dans des profondeurs peu disloquées et vierges, pour ainsi dire, des réactions décrites par MM. Gautier et Brun pour les régions de la masse cristalline profonde sujette à des phénomènes locaux de réchauffement. De plus, les dimensions colossales de la cheminée et du cratère concourent aussi, dans les volcans d'Hawaï, à un éparpillement des éléments gazeux, ce qui différencie nettement ce cas de celui des étroites cheminées de la plupart, sinon de tous les volcans explosifs. Et la conséquence toute naturelle, tant de cette pauvreté relative d'hydrogène que de cette

largeur des conduites d'aménée dans les volcans d'Hawaï, explique l'absence du caractère explosif et l'absence relative, ou tout au moins le très faible développement, de la vapeur d'eau.

Le cas des volcans à laves oscillantes, débordantes et à manifestations non explosives, des îles Hawaï, a donné lieu, dans les lignes qui précèdent, à une assez longue incidente, qui doit maintenant faire place au rappel d'une thèse bien différente des deux précédentes pour ce qui concerne la genèse et la structure de l'écorce solide du globe. C'est celle exposée par M. le Dr A. Stübel et qui a fait l'objet de communications de la part de MM. W. Prinz et E. Van den Broeck à la séance de novembre dernier (1). Il s'agit de la lumineuse conception des foyers périphériques de matières ignées qui se seraient injectés, en forme de laccolithes, successivement superposés, dans toute l'épaisseur de l'écorce terrestre, surtout infrasédimentaire, et dont les derniers, les moins étendus et les plus dépourvus de communications restées ouvertes avec les foyers ignés sous-jacents, voire même avec l'admissible région ignée circumnucléaire, sont ceux qui alimentent encore les volcans actuels.

La figure 2 ci-contre rappelle et synthétise ces vues qui, ainsi que je l'ai fait sommairement remarquer (2), paraissent pouvoir se concilier fort bien avec un grand nombre de faits difficilement explicables avec les autres conceptions que l'on s'était faites jusqu'ici de la genèse et de la structure de l'écorce terrestre.

Le point capital à considérer dans l'application des vues de M. Stübel à l'explication nouvelle des processus éruptifs explosifs, c'est d'abord que, par opposition aux cas précédents, l'intrusion, au sein de l'écorce et de ses régions cristallines profondes, des masses laccolithiques ignées, y amène, sans déplacement ni mouvement quelconque des roches échauffées, les conditions d'élévation de température qui provoquent tout le processus volcanique décrit antérieurement.

Ce ne sont donc plus ici des paquets rocheux qui, par glissement, cheminement ou effondrement, descendent se réchauffer sous l'influence ou au sein des régions ignées sous-jacentes : c'est la *chaleur véhiculée* par l'intrusion *ascensionnelle* des masses ignées « laccolithiques » qui atteint elle-même les roches sus-jacentes.

(1) W. PRINZ, *La genèse et la structure de l'écorce solide du globe d'après Stübel*; E. VAN DEN BROECK, *Quelques remarques à propos des vues de M. le Dr A. Stübel sur la genèse et la structure de l'écorce solide du globe, et des conséquences géologiques de cette thèse*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI, 1902, *Pr.-Verb.*, pp. 587-592 et 594-602.)

(2) Voir note 1 ci-dessus. (*Quelques remarques, etc.*)

Mais il y a plus : Si l'élévation de température d'une roche cristalline peut et doit produire, lorsqu'elle est suffisante, ces phénomènes de dégagement d'eau de constitution et de gaz combustibles dont MM. Gautier et Brun ont si judicieusement surpris le mécanisme et mis en relief la portée processive volcanique, il est ici un autre élément, invoqué par divers auteurs, qui semblerait, d'après eux, pouvoir entrer en jeu dans la thèse de M. Stübel, et qui viendrait ajouter son action à celle du processus précédent. C'est la manifestation bien connue dans les laboratoires comme dans les ateliers d'orfèvrerie sous le nom de « rochage ». Au moment de se figer, en se refroidissant, les magmas métalliques jouissent de la propriété de *se gonfler* à l'instant où ils passent de l'état liquide à l'état solide et, corrélativement, il y a *expulsion des gaz occlus*, qui s'échappent sous forme d'une véritable explosion.

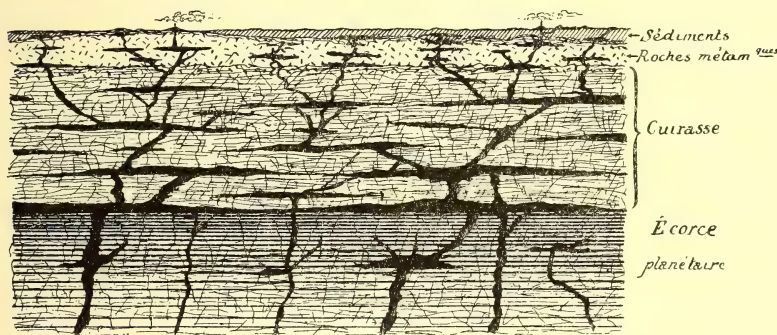


FIG. 2. — COUPE D'UNE PARTIE DE L'ÉCORCE TERRESTRE, SUIVANT LES VUES DE M. STÜBEL.

En bas, écorce planétaire de premier refroidissement. Au-dessus, la cuirasse éruptive et ses foyers périphériques de premier ordre. La cuirasse, encore chaude, s'est recouverte de roches métamorphiques et cristallines, dues à l'intervention des agents atmosphériques. Enfin, les eaux marines ont donné naissance aux couches fossilifères recouvrant le tout. Les foyers périphériques de dernier ordre se sont constitués jusque dans les sédiments, et nos volcans actuels sont alimentés par eux.

Bien que l'application de ces phénomènes de laboratoire aux magmas rocheux ignés et notamment aux magmas silicatés fondus soit vivement contestée par divers volcanologistes, Stübel et les défenseurs de sa thèse s'en sont emparés comme d'un argument assuré, et ils paraissent vouloir baser même exclusivement sur le prétendu *gonflement*, qui d'après eux serait dû au refroidissement des masses ignées laccolithiques, l'expulsion des laves à la surface terrestre.

Des spécialistes, et non des moins éminents, contestent toutefois une

telle assimilation au « rochage » des lingots métalliques, assimilation défendue, cependant, dans d'importants traités classiques, tels que celui de M. A. de Lapparent. M. Fouqué veut bien m'écrire à ce sujet qu'il a constaté maintes et maintes fois par la voie expérimentale ce que bien d'autres ont dû vérifier comme lui, savoir que les silicates fondus, loin de gonfler au refroidissement, *diminuent au contraire de volume* en se solidifiant, soit sous forme vitreuse, soit plus spécialement encore sous forme de cristaux.

Devant des énonciations aussi divergentes, on ne peut que réclamer des éclaircissements nouveaux et se borner à faire remarquer que cette donnée controversée serait à grand tort considérée, par les partisans de la thèse Stübel, comme un *élément essentiel* du bien fondé des vues d'ensemble de cet auteur.

L'assimilation du processus de refroidissement des amas ignés laccolithiques à celui de la solidification de lingots métalliques peut, sans difficulté aucune, être éliminée de la thèse Stübel sans nuire en rien à l'exactitude de celle-ci. La sortie lente des laves, de même que le brusque phénomène explosif, s'expliquent aisément sans faire intervenir en rien le refroidissement des amas laccolithiques, et cela par l'intervention des facteurs exposés tant dans la thèse d'A. Gautier que dans celle de M. van Ertborn.

L'application des phénomènes du rochage au refroidissement des masses ignées laccolithiques, évoquées au sein de l'écorce terrestre par la thèse du Dr Stübel, constituerait donc, si elle est fondée, simplement un élément supplémentaire possible, non seulement d'actions mécaniques, dues à de tels phénomènes de gonflement (pouvant peut-être accessoirement être invoqués dans la genèse de certains tremblements de terre), mais encore de production gazeuse et notamment d'hydrogène et d'autres gaz combustibles, concourant, par ce processus spécial, à la réalisation des vues de MM. Gautier, Brun et van Ertborn.

Quant au phénomène de gonflement invoqué pour la phase de refroidissement du magma, s'il est justifié, il serait tout au moins l'une des causes des contre-pressions internes amenant la lente expulsion lavique du cratère des volcans.

Le paisible phénomène de montée ou d'émission lavique externe serait de temps à autre interrompu, voire même remplacé, par les phases temporaires et accidentelles de violents phénomènes de production et de foisonnement de gaz internes, surchauffés et comprimés, dont la brusque détente, à la sortie du magma lavique du cratère, constituerait à la fois le processus explosif externe, projecteur et

pulvérisateur, et le phénomène de reconstitution aqueuse, origine de la vapeur d'eau des éruptions volcaniques.

L'action « éventuelle » et discutée des phénomènes de refroidissement constituerait tout au plus l'introduction d'un facteur dont la thèse Stübel peut parfaitement se passer. Le facteur principal n'en restera pas moins fourni par la combinaison du processus des « compresseurs à air » invoqué par M. van Erthorn avec celui des phénomènes de dégagements gazeux dus au réchauffement des roches cristallines, invoqué par MM. A. Gautier et Brun.

En résumé, quelle que soit la manière de voir que l'on adopte au sujet de la genèse et de la constitution de l'écorce terrestre : que l'on soit partisan du feu central, d'un océan périphérique igné entourant un noyau solide, ou des foyers périphériques localisés et étagés de M. A. Stübel, aucune de ces manières de voir n'est le moins du monde inconciliable avec l'application des faits constatés par les expériences de laboratoire, savoir que sous l'influence d'une certaine *élévation de température*, les roches cristallines de types très divers et constitutives des régions profondes sous-jacentes à la série sédimentaire, dégagent, avec une partie de leur eau de constitution, des gaz combustibles, parmi lesquels domine l'hydrogène.

D'autre part, il reste à vérifier si, sous l'influence de *refroidissements locaux*, au contraire, les matières ignées internes peuvent réellement se gonfler et tendre à laisser sortir par leurs exutoires naturels (les volcans), outre des flots de laves, les gaz combustibles exhalés par ce phénomène de « rochage » en grand, opéré par la solidification laccolithique d'îlots corticaux de magma igné.

S'il fallait, comme le pensent M. Fouqué et d'autres volcanologistes, abandonner ces dernières vues, cela n'enlèverait qu'un facteur secondaire au mécanisme de la production gazeuse, qui alors resterait attribuée soit à la composition des laves elles-mêmes, subissant certaines influences et devenant foisonnantes, soit aux phénomènes de réchauffement des roches cristallines, invoqué par MM. A. Gautier et Brun.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le processus explosif se résoudrait tout d'abord en une formidable poussée, essentiellement gazeuse, à détente subite à son arrivée au jour, source de tout le mécanisme éruptif à projection externe chaque fois qu'il y a communication au dehors.

Quant à la lente ascension des laves qui suit et sépare les « explosions » gazeuses, elle n'a nullement besoin pour s'expliquer du gonflement interne de refroidissement invoqué par M. Stübel et ses adeptes.

Elle est due aux contre-pressions produites par la *différence de densité* entre les laves de la cheminée, fortement imprégnées de gaz à haute pression, et les matières ignées des régions latérales et circonvoisines de sa base. Enfin, elle paraît devoir être due en même temps à la *force propulsive et élévatoire des gaz* injectés dans la lave et agissant à la manière d'un injecteur Giffard.

Que la roche descende vers la chaleur ou que la chaleur monte vers la roche, ou enfin que ce soit au contraire le refroidissement du magma qui agisse, peu importe : le résultat est le même. Qu'il y ait dans l'écorce terrestre une vaste série de phénomènes de tension, de retrait, de ruptures d'équilibre, essentiellement traduits par des effondrements de vousoirs et de fragments disloqués, comme le veut peut-être trop exclusivement Suess; qu'il y ait ou qu'il y ait eu au-dessus des foyers périphériques, de hauteur et d'âges divers, des localisations simplement « endodermiques » de ces mêmes phénomènes tectoniques : plissements, glissements, charriages et dislocations quelconques n'ayant nullement affecté les énormes épaisseurs des régions sous-jacentes de l'épaisse cuirasse terrestre rigide, restée non plissée, ni affectée dans son ensemble, tout cela se concilie indifféremment avec les thèses ici présentées dans leur intéressante connexion. Le fait capital est que toutes ces vues d'ensemble, si divergentes qu'elles paraissent, s'accordent sur ce point essentiel qu'elles permettent certainement aux roches cristalliniennes profondes d'être influencées par la chaleur et de dégager leur eau et leurs gaz de constitution. Le point qui paraît devoir rester en suspens est de savoir si, adventivement, ces vues permettent aussi d'admettre que des amas laccolithiques de matière ignée, soumis au refroidissement, peuvent concourir aux mêmes résultats, base des manifestations de l'ascension lavique et surtout du processus initial éruptif explosif.

Il convient de remarquer que le raisonnement des pages 20 à 27, qui montre, aussi bien pour les partisans du feu central que pour ceux d'une mer ignée circumcentrale, que les régions de cassure et de plissement de l'écorce solide avec exutoires volcaniques sont forcément celles où doivent s'élaborer les phénomènes invoqués par MM. Gautier et Brun, s'applique *avec bien plus de force encore* aux dispositifs de la thèse Stübel, d'après lesquels, si nous nous reportons à la figure 1, le magma igné *D* représenterait simplement un foyer périphérique igné, très excentrique par rapport à l'ensemble de l'écorce terrestre, dont la partie représentée par la figure constituerait seulement une zone absolument superficielle, seule plissée et fracturée.

Il y a dans l'ensemble des diverses considérations qui précèdent matière à d'intéressantes discussions, et j'espère que des confrères plus autorisés en la matière voudront bien reprendre l'examen détaillé de ce captivant sujet et donneront au débat toute l'ampleur qu'il comporte.

ANNEXE (1).

Quelques jours à peine après la séance du 20 janvier 1903 à laquelle a été faite la présente communication, a paru, dans le numéro daté du 21 janvier 1903 du tome III de la *Revue des questions scientifiques*, le compte rendu d'une conférence de M. A. de Lapparent intitulée : *L'Éruption de la Martinique*, causerie faite le 30 octobre 1902, à Liège.

J'ai eu le regret de ne pouvoir assister à cette conférence et je n'en connaissais aucun compte rendu. Aussi ai-je été charmé, en prenant connaissance de cet exposé de mon savant confrère de Paris, de constater que M. de Lapparent, se basant sur le caractère peu fusible et essentiellement vacuolaire des débris andésitiques et ponceux rejetés par le Mont-Pelée, s'est attaché à démontrer *le rôle prépondérant de l'élément gazeux* et a expliqué par la lutte entre une lave tenace et visqueuse et les poussées gazeuses, les sorties latérales et le caractère explosif des phénomènes observés. Bien que M. de Lapparent paraisse, tout au moins dans la première partie de son exposé, rester avant tout partisan d'un vaste noyau central igné, soit fluide, soit soumis, par l'énormité des pressions, à un état particulier de consistance, et qu'il admette la communication permanente de cet océan igné central ou circumcentral interne avec l'extérieur, par la voie des volcans, il n'en arrive pas moins à la très rationnelle conclusion suivante :

Dans tous les appareils volcaniques, quels qu'ils soient, le fait dominant, essentiel, est l'ascension simultanée de la lave ou pierre fondue et des gaz ou vapeurs qui l'accompagnent. Les deux phénomènes ne sont pas indépendants; leur liaison est intime. Et comme toujours la montée de la lave dans les cheminées volcaniques est précédée par une violente poussée gazeuse, il est permis de dire que le *volcanisme*, c'est-à-dire l'apparition à la surface du foyer interne d'énergie, a pour cause essentielle *la tendance des gaz mélangés à la matière ignée à se séparer d'elle*, ce qu'ils ne peuvent faire qu'en l'entraînant partiellement avec eux.

Par cette importante et très suggestive déclaration, si parfaitement fondée, qui reconnaît la nature gazeuse du facteur produisant l'élévation

(1) Texte complémentaire fourni pendant l'impression.

du flot lavique et qui montre l'association des deux éléments fonctionnant d'après le principe du « compresseur à air » des puits artésiens, M. A. de Lapparent se montre donc tout prêt à admettre à la fois les vues et la portée des expériences de MM. Gautier et Brun, en même temps que la justesse de la comparaison que vient d'énoncer M. van Ertborn.

Sans faire aucune allusion cependant aux curieuses recherches de M. A. Gautier, son collègue de l'Institut, et laissant entièrement de côté l'échauffement des roches « cristalliniennes » et la production gazeuse qui s'ensuit, M. A. de Lapparent ne mentionne que les émanations gazeuses produites par le refroidissement des magmas et par la diminution corrélative des pressions. Après avoir, avec infiniment de raison, repoussé la thèse d'une intrusion des eaux marines dans le processus éruptif, après avoir montré que la lave contient emmagasinés, au même titre que ses divers éléments lithologiques, *des gaz et des vapeurs qui lui sont propres* et ne provenant pas d'une source extérieure, M. de Lapparent, tout en conservant à la VAPEUR D'EAU un rôle dominant que l'on a vu en réalité devoir être attribué à l'HYDROGÈNE venu des profondeurs, admet que les *diminutions de température et de pression* sont les causes du départ de ces gaz et vapeurs ; en un mot, c'est le phénomène du « rochage », dû au refroidissement des masses ignées, qu'il considère comme la *cause primordiale* des exhalaisons de gaz et de vapeur déterminant le processus éruptif. Puisque cette assimilation au phénomène de rochage, invoquée naguère par Fournet, admise par MM. de Lapparent, Stübel et d'autres, se trouve combattue par divers spécialistes, il convient qu'une discussion préalable sur ces opinions contradictoires soit ouverte, afin de permettre que l'on sache définitivement à quoi s'en tenir sur ces énonciations opposées.

On a vu, par l'exposé qui précède, que si les phénomènes de REFROIDISSEMENT et de *diminution de pression* des magmas internes peuvent éventuellement constituer l'une des causes d'émanations gazeuses, il convient en réalité d'attribuer un rôle à la fois moins discutable et plus important aux phénomènes de RÉCHAUFFEMENT et d'*augmentation de pression* dans les régions de contact et d'influence des roches cristallines et des magmas ignés. Ces derniers phénomènes produisent à un haut degré les émanations gazeuses invoquées et l'action intensive d'énormes quantités d'hydrogène accompagné d'autres gaz combustibles, dont l'énergie *expulsive* et les hautes pressions — si justement identifiées aux effets du compresseur à air des puits artésiens — justifient bien

mieux encore que les phénomènes du refroidissement toutes les manifestations du processus volcanique explosif.

Il semble que M. de Lapparent hésite à admettre ouvertement ce qui s'impose cependant déjà à son esprit subtil; c'est que les gaz des cheminées volcaniques sont essentiellement, ou tout au moins principalement, constitués par de l'*hydrogène* et par d'*autres gaz combustibles*, et qu'enfin la vapeur d'eau n'existe dans l'appareil volcanique qu'à partir surtout de la combinaison chimique qui, *au sortir du bain lavique*, l'y fait naître, en mettant en présence de l'hydrogène surchauffé et comprimé, venant des profondeurs, l'oxygène atmosphérique, grâce auquel la *reconstitution aqueuse* s'opère, avec processus explosif, aidé d'ailleurs par les manifestations électriques qui refont, en proportion grandiose à la sortie du cratère, l'expérience classique du pistolet de Volta.

Dans sa conférence sur l'éruption de la Martinique, M. A. de Lapparent signale aussi le récent travail que Suess a consacré aux sources thermales, dont certaines, du type de Carlsbad, sont rapportées par cet auteur à ce qu'il appelle des *eaux juvéniles* ou eaux « fossiles » n'ayant tiré aucun élément ni de nos mers actuelles, ni des eaux d'infiltration des eaux météoriques (1). Étant donné que l'immense volume de vapeur d'eau fourni par les volcans trouve ses origines *dans les régions internes du globe* et non, comme on le croyait jusqu'ici, dans les eaux de la mer ou dans les eaux d'infiltration, Suess conclut avec raison que loin d'être alimentée par les eaux marines, chaque éruption contribue à augmenter le volume de la mer, en l'enrichissant à la fois en eau et en chlorure de sodium.

Le grand processus auquel a contribué au travers des âges géologiques et autrefois avec une ampleur colossale, l'ensemble des manifestations volcaniques du globe, est en somme, dit M. le Prof^r Suess, et affirme après lui M. de Lapparent, *le départ des gaz contenus dans le noyau terrestre*, et la nature nous montre la réalisation d'un tel processus aussi bien dans le jeu du refroidissement d'une masse importante d'acier que dans les phénomènes présentés par les facules solaires.

Il est intéressant de constater qu'en terminant son exposé, M. de Lapparent, tout en ne faisant pas allusion à M. A. Stübel ni à sa thèse

(1) SUESS, *Ueber heisse Quellen*. (VERHANDL. D. GESELLSCH. DEUTSCHER NATURFORSCHER UND AERTZTE, 1902. Carlsbad.) — Voir la reproduction de cette intéressante étude, découpée en trois articles insérés sous ce même titre dans les nos 690, 691 et 692 du tome XIV (1903) de la revue berlinoise : *Prometheus*.

de la genèse et de la constitution de l'écorce terrestre, s'exprime cependant dans des termes permettant d'entrevoir une adhésion prochaine, au moins partielle, aux vues du savant observateur allemand.

En effet, après s'être, au cours de sa conférence, déclaré partisan de la thèse d'un vaste noyau central igné, ou du moins d'un océan igné circumcentral, M. A. de Lapparent, reconnaissant, en raison du taux connu de l'augmentation de la température avec la profondeur, que ce ne peut guère être qu'à 50 ou 60 kilomètres sous nos pieds que régnerait la chaleur nécessaire à la fusion des roches, ajoute :

On se figure difficilement que les volcans puissent s'alimenter directement, par une cheminée plus ou moins étroite, à une nappe aussi profonde. Il est bien plus naturel d'admettre *qu'il s'est créé de longue date, dans les parties faibles de l'écorce, des réservoirs d'une certaine importance, restés sans doute en relation avec le noyau central, mais constituant, à moindre distance de la surface, des amas suffisamment indépendants les uns des autres.* On s'expliquerait bien ainsi la différence d'allure des divers districts volcaniques, ainsi que l'élaboration qui s'est accomplie, à travers les âges géologiques, au-dessous de la plupart des centres éruptifs, en permettant l'arrivée à la surface, suivant le temps, de laves tantôt fluides, tantôt visqueuses et inégalement chargées de principes actifs.

Ceci revient à admettre très explicitement le bien fondé de certaines des vues de M. le Dr A. Stübel, exposées dès 1897 dans l'étude de cet auteur consacrée aux volcans de l'Ecuador (1), et il n'était pas inutile de montrer ici la marche lente mais sûre que font ces idées nouvelles dans l'histoire des progrès d'une Science dont notre illustre confrère, M. A. de Lapparent, a la brillante spécialité de se faire un des vulgarisateurs et des hérauts les plus compétents et les plus autorisés.

Qu'il me soit permis, en terminant, de refléter ici utilement certaines objections que m'a énoncées M. de Lapparent par rapport aux vues de M. Stübel, dont il accepte cependant sans difficulté la thèse des foyers périphériques isolés.

Dans une correspondance toute récente sur ce sujet, M. de Lapparent me fait remarquer que les vues du savant volcanologiste allemand

(1) Dr A. STÜBEL, *Die Vulkanberge von Ecuador geologisch-topographisch aufgenommen*, avec une carte en deux feuilles. Berlin, A. Ascher et Cie, 1897. — Voir dans les Traductions et Reproductions (pp. 51-81, pl. IV) du tome XIV (1900) du *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, le résumé fait par M. W. Prinz des théories d'intérêt général contenues dans cet ouvrage.

lui paraissent en contradiction avec ce fait indéniable, si bien constaté en Scandinavie, en Amérique, en Asie, que partout où il y a de l'Archéen authentique, cet Archéen est effroyablement disloqué et injecté de roches granitoïdes, non par l'effet de dérangements ultérieurs, mais comme condition normale de sa formation. On peut signaler comme exemple l'Archéen si disloqué de Finlande, qui supporte du Cambrien, demeuré horizontal depuis lors.

Jamais, me fait remarquer M. de Lapparent, une pareille condition n'eût pu se produire, si à l'époque archéenne il y avait déjà eu dans la constitution du globe l'écorce planétaire et l'énorme cuirasse invoquées par la thèse Stübel. Sur un pareil support, les couches archéennes n'auraient jamais eu la mobilité que trahit leur allure actuelle.

L'excès de précision que tend à vouloir fournir la thèse Stübel à bien des points de vue sur lesquels il semble que l'on ne puisse encore entrevoir que des généralités, constitue une autre objection que je relève dans les appréciations qu'a bien voulu me communiquer M. de Lapparent. D'autre part, la thèse Stübel ne tient guère compte, que comme de phénomènes locaux et plutôt négligeables, des étroites relations qui paraissent s'établir nettement et de plus en plus intenses entre la sismicité et les dislocations de l'écorce terrestre, relations qui s'imposent comme un élément primordial, qu'il est impossible de négliger. Il suffit pour s'en convaincre, de prendre connaissance de la suggestive étude que vient de publier le professeur *J. Millne*, dans le numéro de janvier 1903 du *Geographical Journal*, sous le titre : *Scismological Observations and Earth Physics* (pp. 1-25 avec carte hors texte).

Nombreux d'ailleurs sont les points de vue à considérer dans leurs relations intimes avec l'étude des phénomènes volcaniques et avec celle de la genèse et de la constitution de l'écorce terrestre. S'il est avantageux pour les progrès de la Science de soulever des discussions, de présenter des points de vue nouveaux, il importe de ne considérer comme démontrées et acquises que les thèses ayant victorieusement passé par le crible d'une critique judicieuse, qui en puisse élaguer au besoin les parties sujettes à caution.

C'est dans cet ordre d'idées que m'a répondu M. A. de Lapparent lorsque, comme conclusion d'échanges de vues sur les thèses prérappelées, il m'a autorisé à reproduire ici l'exposé synthétique des données fondamentales qu'il considère comme acquises :

Mobilité, prouvée à travers tous les âges géologiques, de certaines parties de l'écorce terrestre, dessinant de bonne heure des compartiments

dont les bords disloqués deviennent les voies de communication de l'extérieur avec l'énergie interne.

Action permanente de cette énergie qui, vraisemblablement, à mesure que l'écorce augmente d'épaisseur, tend à se manifester de plus en plus par des foyers distincts (foyers périphériques du système Stübel).

Élaboration progressive de ces foyers avec départs de gaz se produisant à des époques critiques et engendrant la *volcanicité* sous toutes ses formes.

Tassement continu des compartiments disloqués, engendrant la *sismicité*.

En dehors de ces données générales, tout essai de plus grande précision paraît prématuré.

P. S. Au moment où s'impriment les lignes qui précèdent, paraît à la librairie Ch. Béranger, à Paris, l'intéressant livre consacré par M. FR. MIRON à une *Étude des phénomènes volcaniques*. Il est trop tard pour pouvoir l'analyser ici, mais il convient de signaler très sommairement le suggestif chapitre II, qui présente l'exposé des principales théories des causes du volcanisme.

L'auteur passe successivement en revue les théories de M. A. de Lapparent (celle-ci telle qu'elle est fournie dans son *Traité de Géologie*), de M. F. Fouqué et de M. Stanislas Meunier.

La toute récente théorie de M. Armand Gautier se trouve ensuite exposée, ainsi que les recherches concordantes de M. A. Brun, et enfin M. Miron termine le chapitre des causes du volcanisme en signalant la théorie, si vivement controversée, mais encore opiniâtrément défendue par de rares auteurs, des influences sidérales.

A la théorie d'A. Gautier, l'auteur se borne à objecter la remarque suivante :

« Nous ne nous rendons pas compte pourquoi l'hydrogène, si abondant dans les gaz obtenus par M. Gautier, est très rare dans la colonne de fumée, où les flammes sont des phénomènes peu fréquents, et surtout pourquoi on ne le rencontre qu'exceptionnellement dans les fumerolles. »

La réponse ne paraît cependant pas difficile à fournir. Étant admis que les conditions spéciales de pression et d'élévation de température de l'hydrogène dégagé au sommet de la colonne lavique des volcans à caractère explosif le font, avec l'aide des phénomènes électriques d'ailleurs, se combiner instantanément avec l'oxygène de l'air, au moment de sa sortie, comment voudrait-on que, ainsi retransformé en eau, ou plutôt en vapeur d'eau, cet hydrogène restât encore appréciable *comme*

gaz et pût produire des flammes (1)? Il ne peut apparaître comme tel que dans les cas où sa sortie s'effectue dans des conditions de quantité minime et de pression peu élevée, et quand les laves, très fluides, telles les laves du type basaltique, ne contrarient en rien sa libre sortie, surtout lorsque celle-ci s'effectue dans des cheminées et cratères très larges. Alors l'hydrogène, se dégageant dans des conditions de pression bien différentes, pourra ne pas se combiner avec l'oxygène de l'air et fusera comme tout autre gaz, ou brûlera lentement, en produisant des flammes à la surface de la lave. L'assimilation soit au compresseur à air des puits artésiens, soit à l'action propulsive de l'injecteur Giffard, ne pourra plus être invoquée. C'est ainsi que dans les flammes s'échappant paisiblement du large lac de laves basaltiques et si fluides du Kilauea, aux îles Hawaï, M. Janssen a reconnu, par l'examen spectroscopique, outre la présence du sodium et de divers composés carburés, celle de l'hydrogène précisément. Ce gaz, dégagé ici dans des conditions bien différentes de celles où, sous de formidables pressions, il a à vaincre la résistance de visqueuses laves trachytiques ou andésitiques, ne trouve dans les larges cratères-lacs des îles Hawaï aucun obstacle, aucune contre-pression s'opposant à son libre épanchement, et il sort de la lave en fusant et en brûlant, ce qui nuit à sa reconstitution abondante et instantanée sous forme de vapeurs d'eau. On sait d'ailleurs que les colossales productions de vapeurs qui caractérisent les volcans dits explosifs sont réduites, aux îles Hawaï, à des manifestations de très minime importance et même pour ainsi dire nulles. Le caractère explosif, les violentes projections diverses et la production abondante de vapeur d'eau sont trois éléments qui *manquent* dans le cas des manifestations volcaniques des îles Hawaï, pour cette bonne raison que l'hydrogène des profondeurs n'est point élaboré, dans ces parages en « fond de cuvette » de l'écorce terrestre, dans les proportions de *quantité*

(1) J'extraits d'une correspondance de M. Brun le passage suivant : « Ma conviction au sujet du rôle de l'hydrogène dans les explosions volcaniques était faite en mars 1901, durant la période que j'ai passée auprès du cratère du Stromboli. J'ai surveillé là de près les explosions et je puis assurer qu'à ce volcan le gaz, au moment de l'explosion, ne donne pas de flammes et est *invisible*. C'est particulièrement net lorsqu'il n'y a pas de pulvérisation trop intense de la lave par l'explosion et que les blocs sont rejetés un peu gros. . . . »

» Je me souviendrai toujours de l'impression que me fit la première explosion du Stromboli. C'était le son du *fulmicoton*. Or l'hydrogène seul, absolument seul, peut donner ce son brusque et déchirant lors de l'explosion. La foudre éclatant sans écho, à 4 000 mètres d'altitude, donne seule un son analogue, ce que j'ai pu contrôler lors d'un orage qui m'a enveloppé au Cervin, près de l'épaule suisse, à un peu plus de 4 000 mètres. » (Note ajoutée pendant l'impression.)

et de *pression* suffisantes pour donner lieu aux réactions amenant, comme dans le cas de la figure 1, et le caractère explosif et le phénomène, mentionné plus haut, de reconstitution aqueuse, au contact de l'oxygène atmosphérique. Les cheminées et cratères des volcans d'Hawaï sont d'ailleurs d'un diamètre tout à fait exceptionnel, quand on les compare à ceux des volcans ordinaires explosifs. De plus, l'*extrême densité* de ce type de lave basaltique — elle dépasse parfois 3 — constitue un autre obstacle à l'établissement des conditions qui, tant pour la lave que pour les gaz qu'elle contient, permettraient au dispositif volcanique des îles Hawaï de se trouver dans les conditions de minime densité relative, réalisées par tant d'autres volcans du type explosif, permettant l'assimilation au cas du compresseur à air. Ce dispositif du Kilauea et de ses voisins de l'archipel d'Hawaï se trouve nettement synthétisé par les figures 2 et 4 de la planche accompagnant le travail de M. van Ertborn.

Quant aux fumerolles, où, d'après M. Miron, l'hydrogène ne se rencontre qu'*exceptionnellement*, il y a lieu de faire de sérieuses réserves sur cette affirmation, assurément exagérée. D'abord, il faut tenir compte de l'évolution graduelle et prolongée qui se produit dans la nature comme dans l'intensité des dégagements gazeux des fumerolles; il faut s'assurer ensuite si l'on en a toujours bien recueilli ou observé tous les éléments successifs et surtout ceux de leurs phases maxima. Si l'on s'adresse à des fumerolles peu voisines des centres d'émission, l'hydrogène diminue fatalement par le fait même de l'éloignement de ceux-ci, qui a permis à de multiples séries de réactions, de carburations et autres, de se produire *avant* l'arrivée au jour des gaz internes ainsi modifiés.

Il convient d'ajouter que l'hydrogène a été nettement constaté dans bon nombre de fumerolles de régions volcaniques très diverses, et ce gaz a été trouvé en forte proportion, comme à Santorin, par M. Fouqué, pour les gaz fournis par des laves *soustraites à l'action atmosphérique* (1) (30 % des gaz produits lors de l'éruption de 1866; près de 57 % dans certain dégagement gazeux de 1867, etc.). En dernier lieu, il faut encore tenir compte de ce fait que la *vapeur d'eau* des fumerolles peut, aussi bien que celle émanant du cratère, n'être autre chose qu'un produit aqueux, reconstitué précisément grâce à l'hydrogène amené

(1) Les gaz ont été recueillis à la surface de la mer, au-dessus de l'extrémité de coulées laviques sous-marines, et il est à remarquer que la proportion d'hydrogène constatée à Santorin décroissait quand on s'écartait des régions centrales et principales d'émission des matières ignées, et que les gaz accessoires carburés augmentaient au contraire, sous forme de protocarbure d'hydrogène, de même que l'acide carbonique.

des profondeurs, et qui ne peut évidemment plus être retrouvé à l'état gazeux après ce phénomène de combinaison ayant fait, en place d'hydrogène, apparaître à l'extérieur la vapeur d'eau qui en dérive directement.

L'objection, très incidente d'ailleurs, que fait M. Miron à la thèse nouvelle et si attrayante de M. A. Gautier, ne l'empêche pas d'en faire ressortir la portée considérable, et de consacrer à son exposé une dizaine de pages de son livre, soit plus de développement qu'au texte consacré à l'ensemble de toutes les autres théories volcaniques réunies. C'est assez dire que la thèse de MM. Gautier et Brun est destinée à s'imposer fortement à l'attention des volcanologistes, à provoquer d'utiles échanges de vues, des discussions favorables à la mise au point de ces vues nouvelles et, suivant toute apparence, à recruter finalement des adeptes qui ne tarderont pas à devenir légion.

M. le Président remercie M. Van den Broeck de son très important exposé et une discussion s'ouvre sur ce sujet. MM. Fiévez, Van den Broeck et van Ertborn y prennent part.

Cette discussion sera reprise d'une manière approfondie après l'impression des exposés de MM. van Ertborn et Van den Broeck.

En l'absence de M. de Brouwer, M. Lejeune de Schiervel expose comme suit le travail de ce dernier.

LE PUITS ARTÉSIEN DES ACIÉRIES DE TERNEUZEN

d'après les documents laissés par feu le capitaine Ém. Delvaux

PAR

MICHEL DE BROUWER

Ingénieur attaché au Service géologique
Membre de la Commission de la Carte géologique

En dépouillant et classant les documents laissés par feu le capitaine Delvaux et repris par le Service géologique de Belgique, j'ai eu la bonne chance de retrouver les échantillons du puits artésien de Terneuzen, ainsi que les notes manuscrites relatives à cet intéressant travail. Avec l'autorisation de M. Michel Murlon, directeur du Service géologique, j'en reproduis ci-après la coupe, mettant en comparaison de celles de notre regretté collègue, les notes fournies par le sondeur,

Oscar Thomaes, de Renaix. Tous ceux qui ont approché le capitaine Delvaux savent avec quel soin il se préoccupait de recueillir les renseignements sur le sol et le sous-sol de notre pays flamand.

Animé des mêmes préoccupations, M. M. Mourlon, sans se douter que M. Delvaux eût entrepris déjà ce travail, s'était, lui aussi, rendu sur les lieux, dans le courant de l'année 1901, à l'effet de ne pas laisser se perdre les échantillons de ce sondage. Son zèle ne fut pas récompensé, car à son arrivée ceux-ci étaient déjà tellement mêlés qu'il fut impossible d'en tirer aucun parti.

Malgré les soins apportés par feu le capitaine Delvaux, — et la correspondance qu'il a laissée sur la question en fait foi, — il reste encore certains points douteux dans la coupe de ce sondage. Ceci prouve combien il est nécessaire, quand un travail de ce genre s'exécute, qu'un géologue se rende lui-même sur les lieux pour la prise d'échantillons.

Voici la copie fidèle des notes trouvées dans le carnet de M. Delvaux. Elles comportent une description très exacte des échantillons, ainsi que l'interprétation géologique des terrains traversés.

Carnet de M. Delvaux

18079. TERNEUZEN, ACIÉRIES DE M. RICHE, 25 JUILLET 1900.

Sondeur, O. Thomaes, Cote $\pm$ 2.

N ^{os} des échantillons.	Profondeur.	Description.
1	1.50	Alluvions argilo-sableuses grises, avec linéoles jaunâtres, traces de végétaux, tiges ou racines.
2	2 à 3.50	Tourbe très fibreuse, nombreux végétaux bien distincts, jaune brunâtre et brun noirâtre par places.
3	4.00	Tourbe plus dense, noire, linéoles sableuses; fragments de bois et végétaux comprimés, moins distincts.
4	4.50	Alluvions tourbeuses à éléments sableux, fins, meubles, et parties cohérentes gris brunâtre.
5	5.00	Alluvions tourbeuses à éléments sableux fins très cohérents, blancs, jaune brunâtre et brun rougeâtre.
6	6.00	Argile fine et sableuse, alluviale poldérienne, blanc grisâtre, très cohérente, pétrie de traces végétales brunâtres.
7	8.00	Même argile sableuse alluviale cohérente, finement micacée, gris jaunâtre, avec traces végétales.
8	9.00	Argile sableuse alluviale très cohérente, traces de stratification ondulée; brun-noir terne; très petits fragments de coquilles d'eau douce très minces; grains de quartz et de grès (2 millimètres) disséminés.

Nos des échantillons.	Profondeur.	Description.
9	11.00	Alluvions sableuses fines avec grains de quartz moyens, peu cohérentes; gris-blanc sale, traces végétales et points limoniteux peu nombreux.
10	13 à 13.50	Sables à grains moyens et fins réguliers, meubles avec parties cohérentes, gris-jaune pâle.
11	13.50 à 15.50	Sable quartzeux moyen, pointillé de grains noirs arrondis de silex, glauconie, etc., très fins débris de coquilles; blanc pur, très meuble.
12	15.50 à 18.00	Même sable quartzeux, moyen, renfermant en plus grand nombre les éléments accidentels cités ci-dessus; blanc, un peu sali, très meuble. Fragment de bloc de silex; cailloux de silex roulés, de quartz hyalin et laiteux, de grès divers, de quartzites, d'os ou dents en fragments anguleux? roches étrangères? coquilles de lamellibranches brisées.
13	19.00	Sable fin glauconifère (sable blanc, mêlé de grains de glauconie).
14	19 à 23	Id.
15	23 à 27	Id.
16	27 à 33	Id.
17	36 à 38	Id.
18	38 à 40	Id.
19	43.00	Id.
20	43 à 51.50	Id. mélange de grains fins et gros.
21	51.50 à 53.50	Id. grains moyens.
22	53.50 à 58.50	Id. fin et gros.
23	58.50 à 63	Id. fin.
24	63 à 68	Id. fin.
25	69.00	Id. gros.
26	69 à 76	Id. fin et gros.
27	76 à 80	Id. fin.
28	80 à 87	Argile sableuse grise, finement pailletée, avec petits cailloux de silex noir bien roulés; petits cailloux de quartz hyalin, débris de coquilles et fragments de grès; dents de poisson??
29	87.50 à 89.50	Argile compacte grise avec cailloutis de silex noir, petits cailloux de quartz hyalin; tests de lamellibranches fragmentés et usés; un assez gros caillou de silex noir et un caillou de grès très cohérent constitué des éléments suivants: des fragments de lamelles de biotite, des grains de quartz hyalin, laiteux et teintés, des grains de gravier, bruns et laiteux, des grains de glauconie noire (anguleux et arrondis), de très petits fragments de tests de lamellibranches, des parties celluleuses avec petits enduits jaune clair calcaire ou argileux. Le tout réuni par une pâte très peu apparente, siliceuse, noir brunâtre.

Interprétation de la coupe par M. Delvaux.

Numéros des échantillons.	Désignation des couches.	Profondeur.	Épaisseur des couches.
1 à 10	Quaternaire et Moderne.	13.50	13.50
11 à 12	Rupelien?	13.50 à 18	4.50
12 à 29	Rupelien.	18 à 89.50	71.50
30 à 37	Asschien.	89.50 à 131.80	42.30
38 à 39	Laekenien.	131.80 à 134.20	2.40
	Bruxellien?		0.43
			134.63

Le capitaine Delvaux n'ayant pas distingué les terrains modernes et quaternaires, je me suis adressé à notre président M. A. Rutot qui, avec sa complaisance habituelle, a bien voulu m'indiquer les termes de la légende qu'il fallait appliquer.

Nous aurions ainsi :

Numéros des échantillons.	Profondeur.	Désignation.
1	1.50	alp 1.
2 et 3	2 à 4.50	P. et sable tourbeux.
4 à 9	4.50 à 11.00	FLANDRIEN. {
10	11.00 à 13.50	
11 et 12	13.50 à 18.00	

Mettons à la suite de ceci le carnet du sondeur, et nous verrons les points en litige.

Sondage de Terneuzen.*Carnet du sondeur.*

Nos des échantillons.	Profondeur.	Épaisseur des couches.	Description.
1	1.50	1.50	Argile grise.
2	2 à 3.50	1.50	Tourbe.
3	3.50 à 4	0.50	Tourbe avec argile.
4 à 8	4.50 à 9	4.50	Argile sableuse.
	9 à 9.50	0.50	Sable blanc de mer.
9	10 à 11	1.00	Sable jaune.
10	11.50 à 13	1.50	Argile sableuse.
11	13.50 à 14.50	1.00	Glauconifère gris vert et coquilles.

Nos des échantillons.	Profondeur.	Épaisseur des couches.	Description.
11	15 à 15.50	0.50	Sable fin de mer, blanc.
12	16 à 18	2.00	Sable glauconifère vert.
13 à 20	18 à 51.50	33.50	Sable glauconifère noir micacé.
21 à 23	52 à 60	8.00	Sable glauconifère noir avec sable gris-blanc.
26	73.00		Sable glauconifère verdâtre mélangé de sable blanc avec petits bancs d'argile de 10 centimètres, tubé.
	73 à 73.50	0.50	Sable très argileux.
27	76.50		Sable tubé jusque 80 mètres.
28	80 à 87.50	7.50	Argile avec des grès en petits bancs.
	87.50 à 88.50	1.00	Gros sable vert et blanc.
29	88.50		Argile remplie de cailloutis; tubé jusque 89.55.
30	90.00		Caillou de silex roulé.
	jusque 92.50		Argile très dure.
	92.50 à 97	4.50	Sable, pas de nappe aquifère; tubé jusque 97.
31	97 à 99.50	2.50	Argile bleue.
	99.50 à 99.75	0.25	Grès noir.
	99.75 à 100.80	1.05	Sable fin verdâtre argileux.
32	100.80 à 108	7.20	Argile bleue.
	108 à 110.40	2.40	Sable fin verdâtre argileux.
	110.40 à 115	4.60	Argile bleue.
	115 à 115.10	0.10	Sable fin gris.
	115.10 à 117.50	2.40	Argile bleue.
	117.50 à 117.60	0.10	Sable fin gris.
	117.60 à 119	2.40	Argile bleue dure.
33	119 à 125	6.00	Argile bleue dure.
34, 35	125 à 129	4.00	Sable argileux.
	129 à 129.10	0.10	Grès noir.
	129.10 à 129.90	0.80	Sable argileux.
36	129.90 à 130	0.10	Argile bleue.
	130 à 130.25	0.25	Grès.
37, 38	130.25 à 133.50	3.25	Sable argileux.
39	133.50 à 134.62	1.12	Grès.

Un premier doute subsiste quant à la base du Flandrien : faut-il la placer à 15^m,50 ou à 18 mètres? Si l'on s'en tient à la description de l'échantillon 12, il faut évidemment faire descendre l'assise flandrienne jusqu'à 18 mètres de profondeur; mais si l'on s'en rapporte au carnet du sondeur, cette base ne devrait pas descendre en dessous de 15^m,50.

Nous relevons un second point contradictoire entre la description de

l'échantillon 30 et la coupe renseignée par le sondeur à la même profondeur. Les sables de l'échantillon 30 rangés par le capitaine Delvaux dans l'Asschien sont absolument identiques à ceux du Rupelien; aussi croyons-nous qu'il y a eu confusion dans les étiquettes collées sur les flacons et que ces sables correspondent à ceux renseignés par M. O. Thomaes depuis 87^m,50 jusque 88^m,50. Cela ne change du reste pas la cote de la base du Rupelien à —87^m,50; ce qui fait pour ce niveau une épaisseur de 71^m,50. Il semble bien difficile d'admettre que le Rupelien inférieur puisse prendre de telles proportions; d'autre part, n'est-il pas dangereux de supposer que l'assise si constante de l'argile de Boom se transforme vers l'Ouest en un facies sableux? Cette hypothèse me semble hardie. Quoi qu'il en soit, ayant fait une coupe dirigée N.-N.-E. et passant par Terneuzen et Evergem, j'ai constaté qu'à Angelina Polder la base du Rupelien se trouve à la cote —53 mètres, et plus au Sud, à Meulenhoeck, à —49 mètres; ce qui donne une dénivellation d'un peu plus de 3 mètres au kilomètre entre ces deux points. Cette pente passe subitement à 10^m,80 au kilomètre entre Angelina Polder et Terneuzen. Cette pente considérable est à rapprocher de celles constatées par le baron O. van Erthorn au Nord d'Anvers et près de Norderwijk.

Quant à l'Asschien, nous trouvons sa base à la cote —20 mètres un peu au Nord d'Evergem; au sondage de Meulenhoeck, à —75 mètres, d'où une pente kilométrique de 4 mètres. Cette base n'a pas été atteinte au puits d'Angelina Polder; mais si nous continuons la coupe avec la pente précédente, le mur de l'Asschien s'y trouvera à la cote —90 mètres. A Terneuzen, l'Asschien descend jusque —130 mètres et nous avons encore une pente kilométrique de 8 mètres.

Les derniers mètres de sable traversés par la sonde ont été rangés dans le Laekien; je me demande s'il ne serait pas préférable de les ranger dans le Ledien, comme cela a été fait dans les sondages d'Anvers. Quant au Bruxellien qui termine la coupe, son existence en ce point n'est tout au moins que problématique: l'échantillon fait défaut; aussi ne peut-on se décider. Mais à tout prendre, il me semble plus naturel de rapporter les derniers sables au Panisélien.

L'analyse qualitative de l'eau qui jaillissait de ce puits a été faite et a montré qu'elle contenait beaucoup de chlorures et de sulfates, ainsi que des matières organiques, assez bien d'ammoniaque, un peu de chaux et des traces de fer. Si la prise d'échantillon d'eau a été faite trop vite après l'établissement des tubes, il se pourrait que beaucoup d'impuretés provinssent de l'eau sale employée pour le forage.

Le débit au jaillissement, à 1 mètre au-dessus du sol, était de 100 hectolitres pendant 24 heures durant la première huitaine.

M. le *baron O. van Ertborn* observe, au sujet de ce travail, que théoriquement, d'après l'allure et la pente des terrains, on devrait avoir à Terneuzen à peu près la même coupe qu'à Hoboken ; toute la série de ce dernier forage s'y retrouve en effet.

M. *Lejeune de Schiervel* expose ensuite, aidé de cartes, des

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR LE

NOUVEAU BASSIN HOILLER DE LA CAMPINE

PAR

CH. LEJEUNE de SCHIERVEL et M. de BROUWER

Depuis la découverte de Asch, datant du milieu de l'année 1901, plus de cinquante sondages ont été pratiqués dans la Campine, tant dans la province d'Anvers que dans le Limbourg, le plus grand nombre cependant dans cette dernière province. Les résultats obtenus sont déjà assez nombreux pour qu'on puisse s'essayer à une description succincte de notre nouveau bassin houiller.

C'est évidemment surtout par les sondages que l'on a pu se renseigner sur l'allure du Houiller et de la plate-forme primaire ; cependant, d'autres éléments peuvent contribuer à la connaissance du bassin houiller. Nous voulons parler ici de la stratigraphie du Tertiaire dans le Nord de la Belgique ; celle-ci est, à notre avis, une indicatrice parfaite de la présence du Houiller et de l'allure de la plate-forme primaire. Si l'on fait une série de coupes dirigées N.-S. dans la partie septentrionale de la Belgique, c'est-à-dire dans le Limbourg, la province d'Anvers et la Flandre orientale, on remarquera qu'après avoir conservé longtemps une pente kilométrique de 5 à 6 mètres, tous les terrains tertiaires, à partir d'un certain point, augmentent brusquement ce pendage qui peut atteindre 10 mètres et même plus au kilomètre. En partant de l'Ouest et nous dirigeant vers l'Est, nous avons pu constater ce fait au Sud de Terneuzen, au Nord d'Anvers, au Sud de

Norderwijck et de Westerloo, entre le château de Nieuwenhove et Kermpt près de Hasselt, ce qui nous conduit à la faille de la planchette de Veldwezelt.

Cette faille, due aux affaissements des terrains primaires sous-jacents, n'est que l'augmentation des pendages considérables que nous venons d'indiquer. Peut-être qu'une étude attentive du Tertiaire ferait découvrir d'autres accidents du même genre, notamment à l'Ouest de Hasselt, où il convient de signaler le cours bizarre du Démer, séparant les étages rupelien et bolderien.

Ces points réunis par une ligne continue limitent, à notre avis, le nouveau bassin houiller; toutefois, il convient de ne pas trop s'en rapprocher, sous peine de trouver le Houiller stérile. Cette accentuation de pendage ne peut s'expliquer que par la différence de résistance existant entre le grand massif siluro-cambrien du centre de la Belgique, contre lequel sont venues s'écraser les formations houillères du Sud, et la région du Nord, où se sont développées les formations houillères. Celles-ci, protégées contre les plissements, n'ont pas cessé de subir l'action de la pesanteur. Sous cette action, les terrains se sont morcelés en paquets jouant les uns sur les autres et descendant d'autant plus qu'ils étaient plus éloignés du bord du bassin; ainsi s'est dessiné un réseau de failles très compliquées, ressemblant probablement à ceux des bassins du centre de l'Angleterre. Théoriquement, il nous semble cependant que les principales failles doivent être perpendiculaires à la ligne de plus grande pente. Ici interviennent de nouveau les terrains tertiaires pour nous indiquer quelles sont ces directions, qui sont assez approximativement les leurs propres.

Ainsi, dans la province d'Anvers, près de Norderwijck, Westerloo, Tongerlo, les principales failles sont probablement dirigées N.-N.-O. Vu l'allure en plateaux des couches houillères dans cette région et l'impossibilité de raccorder entre eux les sondages, nous avons placé des failles entre Kessel et Norderwijck, Norderwijck et Tongerlo, Tongerlo et Westerloo, etc. Vers l'Est, du côté de Kermpt, les failles principales sont probablement dirigées à peu près E.-O., mais légèrement relevées vers le N.-O.; plus loin, la direction est vraisemblablement E.-N.-E., parallèle à la faille de la planchette de Veldwezelt. Si les recherches continuent du côté d'Anvers, on trouvera par là une direction E.-O.

Un troisième rôle des terrains tertiaires est de nous indiquer l'allure de la plate-forme primaire. Comme l'a déjà montré le baron O. van Ertborn, il est possible de déterminer approximativement

les profondeurs auxquelles le Houiller peut être atteint. A première inspection de la carte, on peut constater vers la Meuse un relèvement très rapide de la plate-forme primaire, comme aussi vers Anvers les courbes de niveau sont rejetées vers le Nord, mais pas autant que certains l'avaient espéré.

Nous ne croyons pas que l'on puisse faire dire beaucoup plus aux terrains tertiaires et nous doutons fort que leur étude puisse amener à la découverte des synclinaux et anticlinaux de notre bassin campinois. Et certes, il existe des plis dans la région orientale; car si dans la province d'Anvers et peut-être dans une partie du Limbourg aucune pression latérale n'a pu s'exercer, il n'en est assurément pas de même vers l'Est, où le massif siluro-cambrien, diminuant rapidement d'importance, n'a pas été assez fort pour empêcher les ondes du plissement de se propager vers le Nord, mais fortement amoindries. Si l'on consulte les résultats des sondages, on constate que les pendages, nuls dans la province d'Anvers, augmentent insensiblement vers la Meuse. Venant de Asch avec une direction E.-N.-E., les couches houillères remontent brusquement dans une direction N.-S. le long de la Meuse; c'est du moins ce que semblent indiquer trois sondages qui, placés dans cette direction, ont rencontré des couches de charbon de même teneur en matières volatiles. Le raccordement entre notre bassin et celui du Limbourg hollandais se ferait donc par un anticlinal sur lequel coulerait la Meuse. A moins, toutefois, que nous n'ayons ici une série de plis avec axe dirigé à peu près E.-O. Nous pensons que dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de trancher la question; mais nous croyons pouvoir affirmer l'existence de plis dans cette région et nous ne voyons pas que les morts-terrains reflètent cette allure.

En étudiant l'allure de la plate-forme primaire entre Kessel et Malines, nous y avons trouvé un pendage qui nous paraît exagéré. Ceci nous portait à mettre en doute les résultats acquis au sondage de Malines, résultats qui étaient du reste obtenus à l'encontre de toutes les prévisions émises. Nous étant adressés au sondeur, à l'effet d'obtenir quelques renseignements complémentaires, il nous fit savoir que le puits était en approfondissement et nous envoya la coupe des derniers terrains traversés. Nous la publions ci-contre :

228 ^m ,60 à 229 ^m ,15	Pyrite de fer, très dure.
229 ^m ,15 à 229 ^m ,60	Pierre.
229 ^m ,60 à 232 ^m ,00	Sable gris verdâtre (eau douce).
232 ^m ,00 à 234 ^m ,00	Sable.

Il ne semble donc pas, d'après ces données, que le Siluro-Cambrien ait été atteint en ce point.

Après l'audition de ce résumé, l'Assemblée vote l'impression aux *Mémoires* du travail détaillé de MM. Ch. Lejeune de Schiervel et M. de Brouwer, ainsi que de la carte qui l'accompagne.

Relativement au sondage de Malines auquel il vient d'être fait allusion, M. le baron O. van Ertborn fait remarquer qu'incontestablement l'on n'a pas atteint la plate-forme du Houiller et que passé 230 mètres l'on se trouve donc encore dans le Tertiaire. Ce cas est, dit-il, réellement extraordinaire et demande à être examiné avec soin, par exemple en faisant un nouveau sondage à 1 kilomètre de distance du premier.

M. Van den Broeck attire l'attention de M. Lejeune de Schiervel sur les deux points suivants :

1° Déjà A. Dumont, il y a plus d'un demi-siècle, avait admis la possibilité, la probabilité même de l'existence de failles coïncidant avec les vallées parallèles, tributaires du Rupel dans les plaines de la Moyenne Belgique.

L'existence d'une faille dirigée approximativement N.-S. le long de la vallée de la Senne, si elle était définitivement acquise, pourrait servir à expliquer peut-être les résultats paraissant quelque peu anormaux du sondage de Kessel. De telles failles sont vraisemblablement accompagnées d'importantes dénivellations.

Un autre élément pourrait être invoqué pour appuyer l'hypothèse de l'existence d'une faille N.-S., coïncidant en partie avec la vallée de la Senne. C'est le relevé historique des tremblements de terre en Belgique qui le fournit et qui montre qu'un bon nombre de ces phénomènes sismiques ont affecté à la fois Bruxelles, Malines et Anvers, localités qui paraissent réunies en une étroite zone N.-S. qui semble soumise à une certaine localisation de phénomènes de l'espèce. Il n'y a là toutefois, ajoute M. Van den Broeck, qu'une simple indication, qui réclame une étude complémentaire et critique, mais qui pourrait fournir une base de documentation intéressante.

2° C. Ubaghs a autrefois signalé dans notre *Bulletin* (1) des failles et dénivellations considérables dans les dépôts crétacés bordant la rivière la Geul et qui, près de Fauquemont, par exemple, ont amené des

(1) C. UBAGHS, *Sur l'origine des vallées du Limbourg hollandais* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. VI; *Mém.*, pp. 150-169, pl. VI).

discordances atteignant 70 mètres. La faille de la vallée de la Geul s'étend plus loin que Meersen et atteint la vallée de la Meuse, où M. Ubaghs l'a retrouvée très nettement indiquée.

Dans d'autres régions de la vallée de la Meuse, comme dans celle qui s'étend aux environs d'Argenteau et Cheratte, sur la rive droite, le Houiller s'élève, dit M. Ubaghs, à une soixantaine de mètres au-dessus de la rivière. Sur l'autre rive, ce même terrain affleure à peine tout au fond de la vallée et de ses tributaires, comme, par exemple, entre Haccourt et Heure-le-Romain. M. Ubaghs en concluait que la rive droite de la Meuse avait été soulevée dans ces parages, tandis que la rive gauche était restée plus ou moins dans sa position naturelle. En réalité, ajoute M. *Van den Broeck*, il y a sur la rive gauche et dans la région de Heure-le-Romain un pli anticlinal bien visible dont ses levés de la planchette d'Herderen montrent nettement l'existence. Là aussi il y a donc relèvement, mais moins accentué que sur la rive droite de la Meuse.

Il serait utile, pense M. *Van den Broeck*, de reprendre en détail les constatations faites par M. Ubaghs, de les compléter et de les mettre en rapport avec les éléments tectoniques actuellement soumis à l'étude dans la question des extensions, des dispositions et des fractures des bassins houillers de ces parages.

M. *Simoens* est très heureux de constater que la communication de M. *Lejeune de Schiervel* et de *Brouwer* corrobore ce qu'il a dit, l'année dernière, sur le même sujet.

Il demande cependant que l'on veuille bien examiner quelques points sur lesquels il attire l'attention de l'Assemblée. M. *Simoens* a fourni pour le Procès-Verbal la rédaction suivante de sa communication :

G. SIMOENS. — Observations au sujet de la note de MM. Lejeune et de Brouwer sur le Houiller de la Campine.

Mes sympathiques confrères MM. Lejeune et de Brouwer viennent de présenter à la Société un travail qui me paraît d'autant plus intéressant qu'il est la confirmation, en tous points, des conclusions que j'ai été amené à présenter à la Société il y a près d'un an, à la séance du 22 avril 1902; il me donne, en outre, la satisfaction de voir, après neuf mois de nouvelles recherches et de nouvelles études, mes deux col-

lègues adopter non seulement l'esprit mais encore la lettre de mes conclusions.

Mes confrères arrivent, en effet, à admettre :

1° *Que le bassin houiller du Hainaut et de Liège, c'est-à-dire la chaîne hercynienne, forme une bande étroite disposée en arc de cercle, qui a été arrêtée par le massif, ou horst résistant, du Brabant.* Or, j'ai exposé tout cela en détail au mois d'avril de l'année dernière et j'ai été le premier en Belgique et ailleurs à employer l'expression *massif ou horst résistant du Brabant*. Voici ce que je dis aux pages 187 et 188 de mon exposé (1) :

« Je crois pouvoir, avant la publication définitive de mon travail, présenter une partie des conclusions auxquelles m'a conduit l'étude tectonique de la région Nord de notre pays, à savoir :

» 1° Il n'existe aucune analogie entre l'allure du bassin houiller situé entre Mons et Liège et celui de la Campine.

» Le premier est plissé et renversé, et présente tous les phénomènes qui caractérisent les régions disloquées.

» C'est le horst du Brabant qui, en arrêtant la chaîne hercynienne, a fait que celle-ci s'est violemment plissée sur tout le pourtour du massif résistant. C'est ce qui fait aussi que le bassin franco-belge présente la forme d'un arc de cercle dont la concavité, tournée vers le Nord, entoure la masse silurienne du centre du pays. Dès que cette crête silurienne du Brabant et de la Flandre, en s'ennoyant, laisse le champ libre à la chaîne plissée, celle-ci s'étend aussitôt vers le Nord en plis largement ondulés.

» Contre le massif résistant, les sédiments carbonifériens présentent une zone étroite et comprimée; mais au moment même où le horst disparaît dans les profondeurs, la bande des sédiments carbonifères semble se détendre brusquement et la disposition de ceux-ci paraît comme due à une série de décrochements, en même temps que leur étendue territoriale devient considérable. »

J'ajouterai qu'à l'époque où j'écrivais ces lignes, je fis paraître dans un journal de la capitale (le *Petit Bleu* du 30 avril 1902) un schéma, représentant *a priori* l'allure du terrain houiller dans le bassin de la Campine. Or, aujourd'hui il faut bien admettre, *a posteriori expérimentale*, l'exactitude de mon graphique et par suite de mes idées, et je suis heureux que mes collègues aient bien voulu se charger de le démontrer.

(1) *Note préliminaire sur l'allure des couches houillères dans le Nord de la Belgique.* (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI, *Proc.-Verb.* 1902.)

2° Mes sympathiques confrères admettent ensuite que *les terrains tertiaires épousent les accidents des terrains primaires sous-jacents*. Or, ce sont là des conclusions que j'ai admises depuis longtemps pour la Campine. Après avoir cité une série d'exemples analogues pris dans d'autres pays, je dis, page 186 de mon travail :

« Comme on le voit, si ma manière de voir pour l'allure des terrains primaires de la Campine est conforme à la vérité, l'opinion de M. van Ertborn, en cadrant avec la mienne, vient confirmer une fois de plus la théorie de Godwin-Austen relative à la concordance qui doit exister au point de vue tectonique entre les terrains anciens et les terrains récents. »

3° MM. Lejeune et De Brouwer reconnaissent ensuite que *le terrain houiller de la Campine est découpé par une série de failles verticales*.

J'ai encore été le premier à conclure dans ce sens, et cela longtemps avant qu'il fût possible d'établir au moyen des résultats fournis par les sondages la véracité de mes dires. A la page 184 de ma note, je dis :

« Cette régularité n'est modifiée que par un réseau de cassures verticales dues en partie à l'action du massif du Brabant et surtout à l'affaissement naturel du bassin. »

Et à la page 188 :

« Il existe, dans le bassin du Nord de la Belgique, de nombreuses cassures transversales; l'origine de ces cassures se reconnaît en partie dans le Brabant, et l'on peut les suivre jusque dans le bassin campinois, où elles forment un véritable réseau de fractures assez semblables à celles qui traversent les bassins houillers du centre de l'Angleterre.

» Ces fractures doivent provoquer fatalement, au sein du bassin septentrional, des dénivellations considérables. »

Mes confrères posent ensuite sans la résoudre une question :

Pourquoi le sondage de Gruitrode est-il resté infructueux?

J'ai eu l'occasion, tout au début de ce forage, de donner à son sujet mon avis, et de la manière la plus catégorique j'ai affirmé que le résultat auquel on aboutirait serait identique à celui qui a été obtenu à Eelen. L'expérience a prouvé que j'avais absolument raison. Sur quoi donc me suis-je basé pour émettre un semblable avis? Mais uniquement sur les principes qu'à différentes reprises j'ai exposés devant la Société.

A l'Est de la crête volcanique du Brabant, d'âge permo-carboniférien, représentée par exemple par l'émission de Quenast, il a dû se former, par suite notamment de l'écoulement naturel des eaux, un grand golfe. Or, le sondage de Gruitrode était campé en plein golfe. Si l'on

ajoute à cela les dislocations résultant des failles verticales S.-N. qui découpent la région, on ne sera pas étonné aujourd'hui si, au début du forage, je l'ai assimilé comme résultat à celui d'Eelen.

Donc, après l'examen des matériaux provenant des travaux de recherches pratiqués sur le terrain, mes deux collègues précités n'apportent au débat que la répétition pure et simple des conclusions que j'ai présentées il y a un an.

M. *Simoens* ayant ensuite rappelé sa communication antérieure, dans laquelle il montrait que la ligne volcanique de la Senne doit être d'âge permo-carboniférien, M. *Hankar* signale que Dumont a mentionné dans le poudingue de Burnot, une roche qui, pour n'être pas tout à fait un pavé de Quenast, était cependant un fragment de la roche éruptive de cette localité et il fait observer que l'opinion de Dumont, qui n'est pas sans valeur, infirme un peu les idées présentées par M. *Simoens*, qui veut rajeunir et de beaucoup les roches de Quenast.

M. *Simoens* objecte à M. *Hankar* que les roches tourmalinifères trouvées dans le poudingue de Burnot, dont parle Dumont, ont été reconnues identiques aux cailloux trouvés par MM. de la Vallée Poussin et Renard dans le poudingue de Boussale, et, à différentes reprises, ces auteurs ont déclaré ne pouvoir rapporter ces roches à aucun des affleurements de roches plutoniennes connus en Belgique. Ils ont expliqué la présence de ces cailloux tourmalinifères dans nos poudingues devoniens, en supposant à l'époque du dépôt de ces derniers, l'existence de masses granitiques dans nos régions. M. M. Lohest a trouvé également à Marchin, dans le poudingue de Burnot, ainsi que tout autour du massif cambrien de Stavelot, des roches tourmalinifères. M. X. Stainier, à son tour, a décrit un caillou tourmalinifère trouvé à Heyd dans le poudingue de Burnot, et il déclare que la tourmaline fibro-radiée qu'on y remarque, présente une « ressemblance frappante » avec le même minéral trouvé par M. L. Bayet à Thy-le-Château, dans des dépôts du même âge, ainsi qu'avec la tourmaline de Boussale, et M. Stainier pense, comme ses devanciers, que ces roches tourmalinifères proviennent d'un « massif granitique resté émergé jusqu'à l'époque du poudingue de Burnot ». Il en résulte que les cailloux trouvés dans le poudingue de Burnot n'ont rien à voir avec la porphyrite de Quenast et que dès lors l'opinion de Dumont, rappelée par M. *Hankar*, n'est pas justifiée.

La parole est donnée ensuite à M. *Mourlon* qui, à propos d'un travail récemment paru en France, s'exprime dans les termes que nous reproduisons à la page ci-après.

RÉFLEXIONS AU SUJET DE L'APPRÉCIATION PAR M. G. DOLLFUS

DE

L'ŒUVRE D'ANDRÉ DUMONT

PAR

Michel MOURLON

Les excursions de la Société belge de Géologie, en 1901, à Laon, sous la conduite de M. Gosselet, et, en 1902, à Mons, sous celle de MM. Rutot et Cornet, avaient pour but de chercher à synchroniser nos terrains belges avec ceux du Nord de la France.

M. G. Dollfus, qui a pris part à ces deux excursions, a donné un compte rendu sommaire de la première dans le numéro 372, du 1^{er} octobre 1901, de la *Feuille des jeunes naturalistes*, et il vient de publier dans le numéro 386, du 1^{er} décembre 1902, de la même revue une étude sur les résultats de la seconde excursion, qu'il intitule : « Classification des couches crétacées, tertiaires et quaternaires du Hainaut belge. »

Je n'ai pu assister qu'à une partie de la session française, et je regrette vivement d'avoir été empêché de prendre part aux excursions sur le territoire belge, dont le compte rendu détaillé paraîtra incessamment dans nos *Bulletins*. Ce dernier rencontrera nécessairement, pour chaque terrain, les observations présentées par M. Dollfus dans la note qu'il vient de distribuer.

Je me bornerai donc à faire ressortir l'impression pénible qu'elle nous a produite quant à l'appréciation si étrange de l'auteur sur l'œuvre d'André Dumont. Cette appréciation a d'autant plus lieu de nous surprendre qu'elle émane d'un collègue qui, bien que ne pouvant consacrer que ses moments de loisir à la géologie, a une production scientifique des plus étendues à son actif, et nous a toujours étonnés par l'esprit sagace et primesautier dont il n'a cessé de faire preuve tant sur le terrain, lors des excursions que nous fîmes en commun, que dans ses publications, dont plusieurs ont trait à notre pays. Je ne rappellerai

parmi ces dernières que celle déjà fort ancienne qu'il fit paraître, en collaboration avec feu J. Ortlieb, et qui est intitulée : « Compte rendu de géologie stratigraphique de l'excursion de la Société malacologique de Belgique dans le Limbourg belge les 18 et 19 mai 1875. » On y constate déjà une tendance fort accentuée à s'affranchir de la classification usitée en Belgique et, pour la nouvelle interprétation qui en fait l'objet et qui se rapporte aux dépôts fluvio-marins (Tongrien supérieur et Rupe-lien inférieur) du Limbourg belge, qu'il s'agissait de réunir en un seul et même étage, je crus pouvoir me rallier à la nouvelle manière de voir de nos collègues français. C'est ce dont témoignent mes « Observations sur le classement des couches tertiaires moyennes dans le Limbourg belge », qui se trouvent insérées, comme celles de MM. Ortlieb et Dollfus, dans le tome VIII, 1875, des *Annales de la Société malacologique de Belgique*.

Seulement, l'idée ne me vint pas à l'esprit de jeter, pour cela, le discrédit sur l'œuvre de Dumont, et je m'en félicite d'autant plus que voici bientôt trente années qui se sont écoulées depuis que la nouvelle interprétation de nos dépôts oligocènes a été énoncée, et la question, bien que toujours pendante sur certains points de détail, a été résolue dans le sens de la classification de Dumont. On sait, en effet, que celle-ci, modifiée par la réunion des dépôts fluvio-marins, telle que nous la proposâmes avec MM. Ortlieb et Dollfus, a été adoptée dans la légende de la Carte au 40 000^e, avec les améliorations qu'y a apportées l'application de la théorie si ingénieuse de MM. Rutot et Van den Broeck sur la sédimentation marine, que l'on peut considérer comme un progrès sensible réalisé pour la partie de notre légende concernant les terrains tertiaires.

Mais revenons à l'étude qui fait l'objet de cette communication.

Après avoir passé en revue toutes les couches du Hainaut, rapportées au Crétacé, M. Dollfus s'exprime en ces termes : « En résumé, pour le Crétacé, la classification de Dumont a complètement échoué, et les géologues belges ont été obligés d'en abandonner successivement toutes les parties, sauf pour le Maestrichtien, qui reste un excellent type crétacique supérieur, pourvu d'une faune excessivement étendue.

» Son Aachenien n'était qu'un facies du Sénonien. Le Hervien inférieur du pays de Herve est un autre facies du Sénonien, d'un niveau un peu plus élevé; le Hervien supérieur n'est autre que le Cénomani en du Hainaut. Le Nervien est synonyme de Turonien; le Sénonien de Dumont n'est qu'une partie de celui d'A. d'Orbigny; enfin, Dumont mettait encore dans le Crétacé son Heersien, que la faune a montré

comme appartenant à la base du Tertiaire, de même que ce qui était alors connu du Montien. Certes la nomenclature de d'Omalius d'Halloy était préférable. »

Plus loin, après avoir établi le parallélisme de nos couches tertiaires avec celles du Nord du bassin de Paris, qu'il a plus particulièrement étudié, il termine en disant : « On voit que les systèmes tertiaires de Dumont n'ont guère mieux résisté au temps que les systèmes crétacés. »

Enfin, après avoir analysé les derniers travaux sur le système quaternaire, en faisant remarquer que « ce qui reste de Dumont dans tout cela est bien peu de chose », M. Dollfus termine son étude par les conclusions suivantes : « Et s'il fallait donner à cette étude rapide quelque conclusion plus générale, ce serait de rechercher le motif de l'insuccès de Dumont, non pas pour le critiquer avec amertume, puisque je tiens à respecter les sentiments de gratitude que les géologues belges ont conservés si pieusement pour leur chef, mais pour ne pas retomber dans les mêmes fautes. L'échec de Dumont tient à son insuffisance paléontologique ; il s'est refusé à donner aux fossiles leur valeur, il a combattu l'aide qu'ils pouvaient donner à la stratigraphie et il a poursuivi ce procès contre tous les conseils (1). Notre examen apporte avec lui cet enseignement, s'il était encore utile, après cinquante ans de nouvelles études, de le répéter, qu'il n'est rien d'être un fin stratigraphe, un tectonicien habile si l'on n'est pas en même temps doublé d'un paléontologue attentif. Le moment paraît bien arrivé de terminer le remplacement de cette nomenclature croulante par quelque autre franchement nouvelle. »

J'ai reproduit à dessein, en entier, ce dernier paragraphe, afin de bien montrer combien un auteur, en poursuivant une idée critique qui a sa raison d'être, peut arriver à des conclusions de nature à amoindrir, si pas à flétrir, la renommée la plus pure peut-être qui soit en géologie.

N'est-il pas au moins étrange, en effet, de voir accoler au nom de Dumont les épithètes « d'échec » et « d'insuccès », précisément au moment même où nous terminons la Carte géologique au 40 000^e qui, tout en ayant réclamé de chacun de nous de bien grands efforts, nous remplit d'admiration pour l'œuvre du Maître qui nous a servi de canevas.

Je ne crois pas être démenti par un seul des collaborateurs de notre Carte, en avançant qu'il n'en est aucun parmi nous qui, quels que soient les progrès qu'il a fait réaliser à la classification d'André

(1) *Bull. de la Soc. de géol. de France*, 2^e série, t. IV, p. 590 (1847).

Dumont, ne s'incline devant les vues géniales du Maître et la puissance de production qui, dans les conditions les moins favorables, lui ont permis de réaliser à lui seul, sans le concours d'aucun autre géologue, une œuvre qui impose le plus grand respect et confond vraiment l'imagination par sa puissance et son étendue.

L'œuvre d'André Dumont a consisté principalement à établir la succession normale des dépôts dont se compose le sol belge et à leur appliquer une nomenclature et une classification rationnelles qui, sans rien préjuger du synchronisme de nos dépôts avec ceux de l'étranger, fussent susceptibles d'être modifiées et perfectionnées à mesure des progrès réalisés. Il est bien certain que si l'illustre auteur de nos premières cartes géologiques avait dû attendre, pour en dresser la légende et en accomplir les levés, que se fussent produites les découvertes qui n'ont permis que beaucoup plus tard de caractériser paléontologiquement un grand nombre de nos dépôts, ses cartes n'eussent peut-être jamais vu le jour.

Mais, au fur et à mesure de l'accomplissement de ces découvertes, ses successeurs ont pris à tâche, tout en conservant les termes créés par Dumont, d'en modifier l'acception, ce qui eut encore l'avantage de ne point compliquer, sans nécessité, la nomenclature de nos terrains.

Un exemple permettra de bien fixer les idées sur ce point, et je le choisis à dessein parmi les dépôts qui me sont le plus familiers; c'est celui que nous fournit le groupe de nos couches tertiaires des environs de Bruxelles qui correspond à celui du calcaire grossier des environs de Paris, que M. Dollfus range dans le « Lutétien ».

Dumont n'avait pas à rechercher si le groupe de couches en question correspond, en tout ou en partie, à celui de Paris, mais il avait à montrer, comme il l'a fait de main de maître, qu'il comprenait deux parties bien distinctes auxquelles il donna les noms de « Bruxellien » et de « Laekenien ». Le premier de ces termes, qui est reconnu aujourd'hui être beaucoup mieux développé chez nous que dans le bassin de Paris, est resté invariable, tandis que le second, le Laekenien, a été modifié dans son acception primitive, mais religieusement conservé dans la légende de la nouvelle Carte. J'ai, en effet, contribué, comme veut bien le rappeler M. Dollfus, à distinguer sous le nom de « Ledien » des couches qui avaient été confondues d'une part avec le Laekenien de l'Éocène moyen et, d'autre part, avec des couches assimilées erronément au gravier de base de l'Éocène supérieur wemmélien.

Le Laekenien de Dumont subsiste donc, mais avec une certaine

réduction nécessitée par les nouvelles observations qu'ont fournies surtout les grands travaux de terrassement des environs de notre capitale; or, il se trouve que le Laekenien, tel qu'il est maintenant délimité et qui s'est montré si bien caractérisé aux environs de Bruxelles, notamment à l'avenue Louise et à l'emplacement de la prison de Saint-Gilles, où il était constitué par un dépôt de 5 mètres d'épaisseur de sables et de grès calcarifères très fossilifères, se trouvait séparé du Bruxellien et du Ledien par d'épais graviers des plus caractéristiques.

Dans le Nord du bassin de Paris, au contraire, le Laekenien ne nous a paru que peu ou point représenté, tandis que le Ledien, avec ses abondantes *Nummulites variolaria* et *Orbitolites complanata*, ses Cérithes, ses Nautilles et autres fossiles caractéristiques, correspond exactement au calcaire grossier moyen de Paris. Il est bien certain que le fait d'avoir séparé du Laekenien les couches constituant le nouvel étage ledien marque un certain progrès, et s'il était reconnu, par la suite, que nos nouveaux termes stratigraphiques n'ont pas la valeur d'étages, il serait aussi facile d'en faire des assises qu'il l'a été de remplacer les systèmes de Dumont par des étages. Ce ne sont là que des mots auxquels M. Dollfus semble attacher une importance un peu prépondérante et je dirai presque prématurée, qui lui fait perdre de vue le fond même de la question. Qu'importe, en effet, que des dépôts comme ceux dont il vient d'être fait mention soient considérés comme ayant la valeur d'un étage ou seulement d'une assise? Ce qu'il nous faut bien établir, comme l'a si bien compris Dumont, c'est la succession, les relations stratigraphiques des couches de chacun de ces dépôts et leur classement le plus rationnel suivant l'état de nos connaissances paléontologiques.

Je suis donc porté à croire que M. Dollfus, avec qui nous avons toujours entretenu les rapports de la meilleure confraternité, voudra bien reconnaître que les paroles que je me suis vu obligé de relever, ne traduisent pas nettement sa pensée.

Mais, quoi qu'il en soit, ne suis-je pas en droit de retourner à notre confrère parisien son argumentation, en lui disant qu'il ne suffit pas d'être, suivant ses expressions, un fin stratigraphe, un tectonicien habile, et j'ajouterai, comme il le préconise surtout, un paléontologiste attentif, si l'on manque de cet esprit de méthode qui a fait réaliser à André Dumont, non seulement une œuvre incomparable, mais qui lui a permis de fonder l'École à laquelle nous sommes fiers d'appartenir.

M. *Van den Broeck* considère comme un devoir de s'associer aux paroles de protestation que vient de prononcer M. *Mourlon* et auxquelles il juge devoir ajouter que les carnets de notes de voyage et d'observations de *Dumont*, prouvent, au moins pour les terrains tertiaires et secondaires, que celui-ci a utilisé pratiquement la Paléontologie dans bien des circonstances et en a reconnu l'utilité dans de nombreux cas où il lui a été possible de l'appliquer rationnellement à ses déterminations de terrain. Chose curieuse, M. *De Koninck*, qui s'était, dans des discours académiques, fait, contre *Dumont*, le champion de la Paléontologie, l'a appliquée parfois d'une manière bien malheureuse, tandis que *Dumont*, qui paraissait attacher peu d'importance au caractère paléontologique, l'appliquait avec discernement et chaque fois que l'occasion s'en présentait. Quoi de plus lamentable que le dernier mémoire de *De Koninck*, consacré à la faune du terrain carbonifère belge, dans lequel, pour complaire, semblerait-il, aux vues personnelles de M. Éd. Dupont, et favoriser ainsi la subdivision de ce terrain en trois étages proposée par ce dernier, plutôt que pour exposer la réalité des faits, M. *De Koninck* a créé de toutes pièces, en se basant sur de simples variétés, élevées par lui au rang d'espèces, trois faunes distinctes et successives, renfermées dans des strates en continuité immédiate, faunes n'ayant *aucun élément spécifique en commun* ! Défendre de cette manière la Paléontologie revient à lui faire plus de tort que de l'attaquer dans des discours, tout en l'utilisant pratiquement et rationnellement, à la manière de *Dumont*. Les reproches de M. G. Dollfus sont donc moins fondés qu'on pourrait le croire, à ce point de vue, de même d'ailleurs qu'aux autres, qui viennent d'être relevés par M. M. *Mourlon*.

La séance est levée à 11 heures.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 20 JANVIER 1903.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

JACOB. — Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique. (*Zeitschr. f. prakt. Geologie*, octobre 1902.)

La contrée autour d'Aix, surtout vers l'Est et le Nord-Est, est disposée sous forme d'un bassin dont le centre est occupé par du Carbonifère supérieur. Les roches que l'on y rencontre successivement sont le Cambrien, le Devonien, le Carbonifère, la Craie, le Tertiaire et le Diluvium. Le Tertiaire se rencontre à l'Est des collines paléozoïques et s'étend dans la plaine qui descend vers la Meuse au Nord. Il se rencontre rarement au jour, parce qu'il est complètement recouvert par le Diluvium. On a pu cependant étudier sa stratigraphie d'une façon satisfaisante, grâce aux nombreux sondages qui ont été pratiqués dans la contrée pour la recherche du lignite et de la houille. Les couches les plus anciennes du Tertiaire ne s'étendent pas aussi loin à l'Ouest que les couches plus récentes qui les recouvrent en transgression, grâce à la disposition du plan incliné vers l'Est des couches plus anciennes sur lesquelles le terrain tertiaire s'est déposé, et par conséquent aussi le Tertiaire augmente en épaisseur au fur et à mesure que l'on s'avance vers le Nord-Est.

Les couches tertiaires les plus anciennes sont constituées par des argiles et des sables gris, surmontés par des argiles et sables glauconifères verdâtres, d'une épaisseur considérable. Ceux-ci sont recouverts à leur tour par une série épaisse de sables quartzeux et micacés entrecoupés par des lits d'argiles ou de marcssite agglomérée. On y rencontre des linéoles de lignite. C'est au toit de ces sables que l'on rencontre les dépôts de lignite. Dans la partie occidentale de la contrée cette formation fait défaut; plus à l'Est on rencontre un gisement qui peut atteindre 17 mètres d'épaisseur, et sous celui-ci deux autres

dépôts moins épais, le deuxième de 5 mètres et le troisième, le plus profond, de 2 mètres. Si l'on continue vers l'Est, on traverse une bande du Sud-Est au Nord-Ouest où le lignite fait défaut, et enfin à l'Est de celle-ci se rencontre un dépôt qui peut atteindre l'épaisseur considérable de 20 mètres. A son tour, la formation lignitifère est recouverte par des sables quartzeux et micacés.

Les fossiles recueillis dans les sondages ont démontré que les couches tertiaires inférieures du bassin d'Aix appartiennent à l'Oligocène supérieur, qui a surtout été étudié aux environs de Crefeld. Les sables quartzeux et micacés, qui ne présentent pas de fossiles, peuvent être rattachés aux sables de l'Oligocène supérieur que Credner a décrits près de Leipzig, ou à ceux décrits par Berendt entre l'Elbe et l'Oder. Le dépôt du lignite s'est effectué pendant le Miocène inférieur, comme le prouvent les plantes fossiles recueillies au toit de l'exploitation de Herzogenrath.

Les sondages ont démontré l'existence de trois failles dirigées du Sud-Est au Nord-Ouest, sensiblement parallèles entre elles. La plus occidentale est double et constituée par le Feldbiss et le Muensterge wand; la plus orientale est la plus importante : c'est celle du Sandgewand; toutes deux regardent vers le Nord-Est. Une troisième faille, moins longue et intercalée parallèlement entre les deux autres, se dirige vers le Sud-Ouest. On a estimé à environ 400 mètres pour chacune des deux failles principales la dénivellation des couches sédimentaires, de sorte que les terrains présenteraient des terrasses descendant successivement vers le Nord-Est; mais par suite des progrès de la dénudation, celles-ci ont disparu à la surface et ne peuvent se constater que par l'étude des sondages. En outre, ces derniers ont montré que les couches tertiaires se sont déposées sur une surface unie et sensiblement horizontale du Carbonifère, grâce probablement à une dénudation prolongée. Les descentes des blocs de terrain se seraient opérées plusieurs fois; les premières probablement déjà longtemps avant la période tertiaire, les dernières après le dépôt des lignites, à l'époque miocène, ce qui expliquerait la disparition de cette dernière formation sur l'étendue des deux bandes signalées plus haut.

V. D. W.

L. POUSSIGUE, ingénieur-directeur de la Société des houillères de Rondchamp (Haute-Saône). — **Fonçage et installation du premier puits de mille mètres creusé en France.** (*Bull. trim. de la Soc. de l'Industrie minérale*, 4^e sér., t. II, 1^{re} livr., 1903.)

Ce travail, malgré tout l'intérêt technique qu'il présente, n'a qu'un rapport fort indirect avec la question d'exécution des puits que nécessitera l'exploitation du bassin houiller de la Campine. Au point de vue des morts-terrains, Rondchamp est une région privilégiée. La quantité d'eau fut pour ainsi dire nulle : on a dû en pomper 32 mètres cubes à l'heure jusque 90 mètres, soit le débit d'un modeste puits artésien. Plus bas, les roches n'étaient pas fissurées. Les roches furent un peu dures, mais il vaut mieux cela que du sable mouvant à congeler. Le prix de revient du puits fut de fr. 717.60 par mètre de profondeur.

Les conditions, à Rondchamp, sont donc tout autres qu'en Campine, et si les puits projetés dans nos régions ne reviennent qu'au sextuple on pourra se déclarer satisfait.

Pour notre Société, le travail de M. Poussigue offre cependant un certain intérêt, celui du degré géothermique, qui est fort élevé dans ces roches.

Nature des terrains traversés.

Le fonçage a traversé la partie inférieure du Grès bigarré, sur 64 mètres environ, puis 22 mètres de Grès vosgien.

Au-dessous, l'étage important du Grès rouge comprenant :

- 37 mètres de grès rouge, fin.
- 156 — d'argilolithe.
- 268 — de grès bréchiforme, coupé de quelques banes d'argilolithe.
- 217 — d'argiles violacées, avec quelques banes de poudingue.

Soit au total 678 mètres d'épaisseur, représentant la totalité de la formation du Grès rouge à Rondchamp.

Immédiatement au-dessous, le terrain houiller supérieur, comprenant les couches de houille, et d'une puissance de 112 mètres environ. Enfin le terrain houiller sur 66 mètres et les schistes de transition, dans lesquels s'est arrêté le fond du puits à 1 010 mètres.

Température des roches.

La température moyenne de la surface est de 10°5; à 1 009 mètres, la température était de 47°4. Le tableau suivant indique la progression de cette température avec la profondeur.

PROFONDEUR	TEMPÉRATURE	DEGRÉ GÉOTHERMIQUE	PROFONDEUR	TEMPÉRATURE	DEGRÉ GÉOTHERMIQUE
Mètres. [5]	Degrés.		Mètres.	Degrés.	
10	10,5	—	890	42,9	27,20
300	21,0	27,6	900	43,5	27,00
400	24,5	27,85	910	43,8	27,00
600	31,1	28,64	930	44,6	26,90
700	34,2	29,11	950	45,2	27,00
750	36,8	28,10	960	45,5	27,10
800	38,3	28,40	970	45,7	27,20
830	39,6	28,10	990	46,4	27,30
850	40,7	27,80	1,000	46,8	27,20
860	41,0	27,80	1,009	47,4	27,00
870	41,1	27,70			

B^{on} O. v. E.

F. VILLAIN. — Société industrielle de l'Est. — La houille en Lorraine.

Notre confrère, M. F. Villain, membre de la Société, résume, dans une notice fort intéressante, une conférence qu'il a donnée à Nancy, en mars dernier. L'auteur entre dans quelques généralités sur les divers combustibles minéraux et sur leur gisement dans la série des formations géologiques, et expose les études récentes faites en vue de préciser la question des recherches de houille en Lorraine. On s'est demandé depuis quelques années si le bassin de Sarrebruck se prolongeait jusque dans l'arrondissement de Nancy.

Avant d'aborder la question purement locale, l'auteur examine d'une manière approfondie l'allure générale des bassins houillers voisins; il entre dans de nombreux et intéressants détails, si bien condensés qu'il

nous serait impossible de les résumer. Le fait capital est la recherche de l'*Anticlinal guide*, qui limite au Sud le bassin de Sarrebruck et que les érosions ont pour ainsi dire complètement nivelé; le ridement hercynien a si bien disparu en Meurthe-et-Moselle, que l'allure des terrains secondaires est le seul indice qui permette de le jalonner. MM. Nicklès et Authelin, en observant les allures du Lias inférieur dans le voisinage de Pont-à-Mousson, ont déterminé, entre Eply et Attou, une forme anticlinale et provoqué l'entreprise d'un sondage à Eply, actuellement en cours d'exécution. La série des couches à traverser est estimée comme suit :

Rhétien (partie inférieure du Lias).	20 mètres.
Keuper (marnes irisées).	225 —
Muschelkalk.	200 —
Grès bigarré et grès vosgien	350 —

Soit environ 800 mètres. Restent le Permien et le Houiller stérile, couches qui pourraient amener une profondeur un peu trop considérable. M. Villain s'occupe ensuite des emplacements à choisir en plusieurs autres points pour l'exécution de sondages d'exploration.

Nous ne saurions assez recommander la lecture et l'étude du consciencieux travail de l'éminent ingénieur à tous ceux que la question houillère intéresse.

B^{on} O. v. E.

D^r K.-A. WEETHOFER. — **Esquisse géologique du bassin houiller de Kladno-Rakonitz.** (*Verhandl. d. K. K. Geolog. Reichsanst.*, nos 17 et 18, 1902.)

L'auteur compare ce bassin à celui de Pilsen et arrive à la conclusion que les couches présentent des deux côtés une constitution analogue. A la base, on rencontre des grès grisâtres, qui passent parfois à l'état d'arkoses et renferment à leur partie inférieure une couche productive. Au-dessus des grès se trouve une série très épaisse de bancs d'argile rouge. Ceux-ci sont surmontés par une succession de couches de schistes argileux de couleur gris noirâtre, renfermant, de même que les grès gris foncé de la base, une couche épaisse de houille. L'ensemble est recouvert par une série de schistes rouges supérieurs.

L'auteur décrit longuement le gisement et la constitution des différentes couches. Nous ne relèverons que les points principaux. Les grès gris foncé de la base (Kladno-Pilsner Schichten) renferment des masses considérables de sables quartzeux presque purs, avec de faibles

quantités de feldspaths décomposés. Les arkoses sont formées par des débris de quartz, de schistes siliceux et de phyllites. En fait de fossiles, on ne rencontre que des fragments de troncs de Calamites et de Sigillaires; par contre, pas de traces d'organismes marins. La constitution de la formation lui ferait attribuer une origine plutôt subaérienne que lacustre ou fluviale. La couche des bancs d'argile rouge inférieurs (Teinitzler Schichten) doit être considérée comme une formation d'origine désertique. On y rencontre des fragments de troncs d'Araucarites silicifiés, qui rappellent par leur mode de conservation les forêts fossiles de l'Arizona et du désert Lybique. De plus, l'auteur rappelle les travaux de J. Walther, de Rohlfs, Zittel et E. Fraas, qui ont surtout étudié les formations désertiques et ont signalé la couleur rouge que celles-ci revêtent généralement.

Passant à la série suivante, celle des schistes argileux gris foncé (Schlaner Schichten), l'auteur signale qu'ils ont été le siège d'une exploitation houillère, aujourd'hui arrêtée. Leur âge géologique paraît d'une détermination difficile. Stur les range dans le Carbonifère supérieur, tandis que Kaizer les attribue au Permien. La flore carbonifère supérieure semble cependant dominer et les plantes permienues (*Calamites gigas* Brgt, *Callipteris conferta* Stbg) n'apparaissent en quantité que dans le toit de ces couches, de sorte que nous assisterions ici à l'apparition de la flore permienne.

Vient enfin la série des couches des argiles schisteuses rouges supérieures (Lihner Schichten), qui appartiendraient à une nouvelle période de climat désertique, laquelle aurait en outre duré pendant tout le Permien et le Trias, dans l'Allemagne centrale et méridionale. Cette série appartient au système permien.

L'auteur retrouve le même ordre de succession dans les formations carbonifères et permienues dans les bassins houillers de la Silésie et de la Bohême, dans ceux de la Saxe et jusque dans les bassins de la Sarre.

On voit donc que partout il y a parallélisme entre les modifications de la flore et la formation des couches sous l'influence des évolutions climatiques. La flore est purement carbonifère d'abord, dans les grès gris foncé, ce qui permet de supposer un climat encore assez humide pour donner naissance à la flore houillère, mais passant déjà aux états plus secs, dont nous trouvons les traces dans les couches suivantes, celles des argiles rouges inférieures qui renferment les troncs d'Araucarites silicifiées, dont la croissance suppose un élément moins humide que celui du Houiller, et qui nous ont été conservés grâce à un climat désertique. Pendant la formation des schistes argileux gris

foncé, le climat redevient plus humide, et la flore carbonifère envahit de nouveau les régions de l'Allemagne centrale et méridionale. Cependant les plantes permienues commencent à apparaître, et pendant la quatrième période, celle des schistes rouges supérieurs, la période permienne s'établit, la flore permienne prend le dessus grâce à ce climat plus sec, et la flore houillère a déjà complètement disparu.

V. D. W.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

Dégagement désastreux d'eau chaude au Sseu-tch'ouan.

M. Bons d'Anty, consul de France à Tch'ong k'ing, nous adresse la lettre suivante :

« Le 26 février dernier, la ville de Kiu-hien (Sseu-tch'ouan) a été presque entièrement détruite par un énorme dégagement d'eau. Kiu-hien est le siège d'une sous-préfecture dépendant de Chouking, dans la partie orientale du plateau où se développe le système du Kia-ling-ho, lequel se soude au Yang-tseu à Tch'ong-k'ing même.

» Nous n'avons encore que peu de détails sur la catastrophe, quoique Kiu-hien ne soit qu'à 160 kilomètres environ d'ici. Nous l'avons apprise en voyant la « Petite Rivière » (tronc formé par la réunion du Fou-kiang, du Kia-ling-ho et du Kiu-ho et aboutissant à Tch'ong-k'ing) charrier des objets de toutes sortes, meubles, débris d'habitation, vêtements, etc., ainsi que des cadavres. Nous avons tout de suite compris qu'une catastrophe avait dû se produire dans une ville assez importante; parmi les épaves flottantes on remarquait, en effet, des livres, des insignes et des vêtements de mandarins, et quantité d'autres articles qui indiquaient la ruine d'une résidence officielle. Les eaux étant très hautes et le courant violent, les cadavres ont été entraînés par le Yang-tseu; toutefois on en a recueilli une dizaine au tournant des premières gorges. Le nombre des victimes doit être infiniment plus considérable.

» D'après ce que nous avons pu savoir jusqu'à présent, le désastre serait dû à un dégagement subit d'eaux chaudes. A ce sujet, il est bon de rappeler que cette région est très disloquée et découpée de nombreuses failles. »

P. BONS D'ANTY.

A ce propos, M. A. Leclère, ingénieur au Corps des Mines, le savant explorateur des provinces de la Chine voisines du Tonkin, a l'amabilité de nous envoyer les renseignements suivants qui complètent la communication de M. Bons d'Anty :

« La région de Kia-ling-ho est le prolongement vers le Nord de la bordure du Permien salifère, sur le flanc Est de l'anticlinal de T'ong-tch'ouan. Il y a beaucoup de sources chaudes dans la région. J'ai signalé celle de Tang-tche, située à une altitude de 2 000 mètres, près de Yun-nan-fou. Il est tout naturel que sur le même alignement, à l'altitude beaucoup plus faible du Kia-ling-ho, la température soit plus élevée et atteigne le régime nécessaire au dégagement d'eau en vapeur.

» L'alignement général de dislocation actuelle du terrain dans cette région est entre le Nord et le Nord-Nord-Est, à peu près parallèle à la vallée du Kia-ling-ho; c'est un échelon de plis anciens suivi par l'affaissement actuel et annonçant le grand affaissement qui va d'Yi-tch'ang à Haï-phong. »

(La Géographie, VI, n° 4, 15 octobre 1902, pp. 254-255.)

Sur les dégagements désastreux d'eau chaude qui se sont produits au Sseu-tch'ouan en juillet dernier et qui ont été signalés dans *La Géographie* (VI, 15 oct. 1902, p. 254), notre collègue, M. Bons d'Anty, nous adresse l'intéressante communication suivante, datée de Tchentou (Sseu-tch'ouan, septembre 1902) :

« Le phénomène s'est manifesté d'abord à Long-ngan-fou (Ping vou hsien), important centre commercial et administratif, vers l'extrême Nord du Sseu-tch'ouan, dans une contrée que ceux de nos missionnaires qui l'ont visitée, notamment le provicaire apostolique de Tchentou, M. Pontvianne, s'accordent à décrire comme ayant un aspect volcanique prononcé. Vers le milieu du mois de juillet dernier (1902), une éruption de vapeur et d'eau bouillante se produisit subitement sur une montagne située derrière la ville (1), précédée par un effondrement du sommet. Les eaux, chargées de matières solides, furent projetées en une haute colonne avec une violence terrible, et, en retombant dans la plaine, causèrent une inondation dans une vallée du Feou kiang, la plus occidentale des trois rivières qui se réunissent à Hotchéou, pour aller se jeter dans le Yang-tseu, à Teh'ong-k'ing, par un bras commun. A Long-ngang-fou, le désastre fut grand; sur toute la longueur du fleuve, il y a eu également d'épouvantables ravages, notamment dans l'important marché de Tchongpa, situé au cœur de l'une des plus riches plaines de la province. Quantité de gens furent noyés et nombre de maisons emportées. La rivière charriait dans ses flots boueux, alourdis de matières éruptives qui lui donnaient une coloration verdâtre très remarquable, des cadavres, des débris de constructions, des meubles, des vêtements, des livres, etc.

» Quelques jours plus tard, à l'autre bout de la province, le district de Mapien-t'ing, contigu aux marchés des Lolos, sur la lisière occidentale du Sseu-tch'ouan proprement dit, était également désolé par un phénomène du même genre. Là aussi, des trombes d'eau portée à une température élevée firent soudain sauter le faite d'une montagne et se déversèrent dans les vallées, entraînant le débordement du Mahou, petit affluent du Tsing-chouei-ho, rivière qui se jette dans le Min, à peu près à mi-chemin entre Souifou et Kia-ting. Une partie de la ville de Mapien-t'ing fut détruite par la crue qui gonfla pendant plusieurs jours le cours du Min, où les eaux couraient avec une vitesse terrifiante, au témoignage de M. le lieutenant de vaisseau Hourst, commandant la canonnière française l'*Olry*. Cet officier, qui naviguait précisément à cette date dans ces parages, m'a rapporté avoir vu des maisons entières, arrachées d'un seul bloc de leurs fondations, descendre au fil du courant. Il eut toutes les peines du monde à se garer des collisions dont le menaçaient ces îlots flottants d'un nouveau genre et plus d'une fois les petits vapeurs qu'il conduisait faillirent être entraînés par la violence des flots.

» L'éloignement des localités où se sont produits ces phénomènes, le peu d'exactitude des informations données par les indigènes, le manque d'esprit critique dont sont entachés leurs récits, ne m'ont malheureusement pas permis de me procurer d'autres renseignements que ceux si incomplets et si peu précis, enregistrés ci-dessus. »

(*La Géographie*, VII, n° 1, 15 janvier 1903, pp. 52-53)

(1) Il est à remarquer que le nom de préfecture, dont cette ville est le siège, signifie « la Paix du Dragon », « le Dragon du Repos ». Il est vraisemblable qu'il commémore l'établissement d'une ère de stabilité du sol, après une période de convulsions sismiques.

Le Mégalosauve, avec les Iguanodons de Bernissart.

En s'occupant de la mise en ordre des reptiles fossiles du Musée royal d'histoire naturelle, et plus spécialement des innombrables ossements recueillis naguère à Bernissart, un conservateur de ce musée, M. Dollo, le distingué paléontologiste, a eu l'occasion de faire une découverte intéressante : celle du Mégalosauve, le gigantesque saurien carnassier qui se nourrissait des non moins gigantesques Iguanodons de Bernissart.

Pour le moment, il ne s'agit encore que d'une phalange, d'ailleurs caractéristique. C'est peu. Mais c'est une promesse pour l'avenir. La pièce indique un animal qui pouvait atteindre 4 mètres de long et 2 mètres de haut.

Si l'on venait à mettre au jour un nid de Mégalosauves, comme le gîte d'Iguanodons découvert il y a vingt-cinq ans, ce serait extrêmement important pour la science, car l'animal est encore fort mal connu et il n'a pas été reconstitué dans son ensemble. Il avait, comme carnassier, des griffes pointues et recourbées, des dents tranchantes. L'Iguanodon mesurait environ 10 mètres, le Mégalosauve de Bernissart, 4 mètres seulement. Ici, comme toujours, le carnassier est plus petit que l'herbivore. Comme l'Iguanodon, le Mégalosauve était un animal bipède.

Nous connaissons donc, maintenant, sept des énormes sauriens terrestres, ou dinosauriens, qui ont habité la Belgique à l'époque crétacée : trois à Bernissart, deux à Lonzée, près de Gembloux, et deux à Sichen-Sussen, dans le Limbourg belge, non loin de Maestricht.

(Extrait de l'*Étoile belge*.)

SÉANCE MENSUELLE DU 10 FÉVRIER 1903.

Présidence de M. A. Rutot, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

M. le *Secrétaire général* dépose sur le Bureau le fascicule IV du tome XVI du *Bulletin*, lequel contient les procès-verbaux des séances des mois de juin, juillet et octobre écoulés. — Adopté.

Correspondance :

M. *Mourlon*, qui fait excuser son absence, remercie la Société de l'honneur qu'elle lui a fait en le désignant pour la représenter officiellement au Congrès géologique international de Vienne en 1903.

La *Société géologique du Luxembourg* a fait parvenir le tableau de ses conférences de janvier et de février.

M. le *Secrétaire général* éprouve la satisfaction de faire connaître que l'important prix quinquennal Guimard, créé en faveur des œuvres de mutualité (sociétés de secours mutuels et de retraite), a été remporté par M. *Ed. de Pierpont*, membre effectif de la Société. — Félicitations.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

- 3977. **Félix, Jules** (Docteur). *Un Ministère du Travail, de l'Hygiène et de l'Assistance publique*. Bruxelles, 1902. Brochure in-8° de 6 pages.
- 3978. **Félix, Jules** (Docteur). *A propos de la stérilisation des eaux minérales naturelles*. Paris, 1899. Extrait in-8° de 8 pages.
- 3979. **Félix, Jules** (Docteur). *La lutte contre la tuberculose et les stations balnéaires de la Belgique*. Paris, 1902. Extrait in-8° de 18 pages.

3980. **Harmer, F. W.** *A Sketch of the Later Tertiary History of East Anglia.* Londres, 1902. Extrait in-8° de 64 pages et 17 figures.
3981. **Leriché, Maurice.** *Les poissons du Paléocène belge.* Paris, 1903. Extrait in-4° de 3 pages.
3982. **Mazelle, Ed.** *Mittheilungen der Erdbeben-Commission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. Nr XI : Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehlerl'schen Horizontalpendel im Jahre 1904, nebst einem Anhang über die Aufstellung des Vicentini'schen Mikroseismographen.* Vienne, 1902. Extrait in-8° de 66 pages.
3983. **Renevier, E.** *L'axe anticlinal de la Molasse aux environs de Lausanne.* Lausanne, 1899. Extrait in-8° de 13 pages et 3 planches.
3984. **von Richthofen, Ferdinand.** *Geomorphologische Studien aus Ostasien : III. Die morphologische Stellung von Formosa und den Riukiu-Inseln.* Berlin, 1902. Extrait in-4° de 32 pages et 1 carte.
3985. **Schwab, P.-Franz.** *Mittheilungen der Erdbeben-Commission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. Nr XII : Bericht über die Erdbebenbeobachtungen in Kremsmünster im Jahre 1904.* Vienne, 1902. Extrait in-8° de 21 pages.
3986. **De Wildeman, E.** « *Plantae Laurentianae* » ou énumération des plantes récoltées au Congo, en 1893 et 1895-1896, par Émile Laurent. Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 57 pages.
3987. **Leriché, Maurice.** *Sur l'existence d'une communication directe entre les Bassins parisien et belge à l'époque ypresienne.* Paris, 1903. Extrait in-4° de 3 pages.
3988. **d'Andrimont, René.** *Notes sur l'hydrologie du littoral belge.* Liège, 1903. Extrait in-8° de 18 pages et 9 figures.
3989. **d'Andrimont, René.** *Contribution à l'étude de l'hydrologie du littoral belge.* Liège, 1903. Extrait in-8° de 43 pages et 10 figures.
3990. **Parker, G. H.** *The optic chiasma in Teleosts and its bearing on the asymmetry of the Heterosomata (Flatfishes).* Cambridge, 1902. Extrait in-8° de 22 pages et 1 planche.
3991. **Boris Popoff.** *Ueber Rapakiwi aus Süd-Russland.* Saint-Pétersbourg, 1903. Extrait in-8° de 193 pages et 4 planches.
3992. **Dollfus, G.-F., et Dautzenberg, Ph.** *Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécypodes.* Paris, 1902. Extrait in-4° de 106 pages, 5 planches et 30 figures.

2° Extraits des publications de la Société :

3993. **Van den Broeck, E. I.** *Le « Concilium Bibliographicum », de Zurich, et la « Bibliographia geologica », de Bruxelles.* Procès-verbaux de 1902. 29 pages.
- Van den Broeck, E. II.** *Réplique à la note de M. G. Simoens.* Procès-verbaux de 1902. 13 pages. (2 exemplaires.)
3994. **Simoens, G.** *Quelques mots à propos de la « Bibliographia geologica ».* Procès-verbaux de 1902. 68 pages. (2 exemplaires.)
3995. ... *La Bibliographie géologique universelle. Communications faites à la Société belge de Géologie en vue de la discussion au Congrès géologique international de Vienne (1905) (comprenant les notes de MM. Van den Broeck et Simoens).* Procès-verbaux de 1902. 102 pages. (2 exemplaires.)
3996. ... *Bulletins bibliographiques des séances des 17 juin, 15 juillet et 21 octobre 1902.* Procès-verbaux de 1902. 106 pages. (2 exemplaires.)
3997. **Harmer, F.-W.** *L'influence des vents sur le climat pendant l'époque pleistocène.* Traductions et reproductions de 1902. 18 pages.
3998. **Arctowski, H.** *Note au sujet de l'étude des glaces antarctiques.* Procès-verbaux de 1902. 3 pages. (2 exemplaires.)
3999. **Cornet, J.** *Compte rendu de l'excursion du 24 mars 1901 à Hautrages et Baudour.* Mémoires de 1902. 14 pages. (2 exemplaires.)
4000. **Cornet, J.** *Compte rendu de l'excursion du 1^{er} avril 1900 dans les vallées de l'Hogneau et du ruisseau de Bavai.* Mémoires de 1902. 23 pages. (2 exemplaires.)
4001. **Kemna, Ad.** *Congrès de gaz et d'eau à Düsseldorf.* Procès-verbaux de 1902. 5 pages. (2 exemplaires.)
4002. **Lagrange, E., et Van den Broeck, E.** *Proposition d'enquête scientifique relative à l'ensemble des phénomènes géophysiques de l'année 1902.* Procès-verbaux de 1902. 9 pages. (2 exemplaires.)
4003. **Verrill, A.-E.** *Caractères bizarres de l'éruption du Mont-Pelée à la Martinique, le 8 mai 1902.* (Traduit de l'anglais par M. F. Halet.) Traductions et reproductions de 1902. 3 pages. (2 exemplaires.)
4004. **Choffat, P.** *Pluie de poussière brune en Portugal (janvier 1902).* (Extrait d'une correspondance, avec une annexe par E. Van den Broeck.) Procès-verbaux de 1902. 9 pages. (2 exemplaires.)

3^e Périodique nouveau :

4005. **Stanford.** *Leland Stanford Junior University publications.* I, 1895; III, 1895; V, 1896; VII, 1896; VIII, 1896; X, 1897; XI, 1897; XIII, 1897; XV, 1898; XVII, 1898; XXIV, 1901; XXVI, 1901; XXIX, 1902.

Présentation et élection d'un nouveau membre :

Est présenté et élu par le vote unanime de l'Assemblée :

M. SCHULZ-BRIESEN, ingénieur honoraire des mines, directeur général honoraire des charbonnages de Dahlbusch, 29, Schillerstrasse, à Düsseldorf.

Communications :

E. VAN DEN BROECK et A. RAHIR. — **La Lesse souterraine et sa traversée sous les deux boucles de Furfooz et Chaleux, démontrée par la fluorescéine.**

Après avoir mentionné en quelques mots leurs recherches antérieures sur ce problème hydrologique de la Lesse souterraine, les auteurs de la communication abordent l'exposé de l'expérience à la fluorescéine qu'ils ont eu l'occasion de faire à Furfooz, en décembre 1902. En voici le résumé : La matière colorante mélangée aux eaux de la Lesse, qui se précipitaient alors en partie dans le « Chantoir des Nutons » (situé au pied des rochers préhistoriques de Furfooz), apparut au gouffre dit « Puits des Veaux » dix-sept heures après. La distance à vol d'oiseau est de 280 mètres. Du « Puits des Veaux », que la fluorescéine a démontré être en communication permanente avec la rivière souterraine, la matière colorante a passé *en siphon* sous le lit à l'air libre de la Lesse, pour atteindre le « Chantoir des sources » en quarante heures. Distance : 400 mètres. De ce chantoir, — résurgence de la rivière souterraine, — la fluorescéine a traversé le promontoire montagneux au pied duquel est assis le village de Chaleux, pour se déverser enfin dans la Lesse, par la fausse source, ou résurgence, dite le « Trou de la Loutre ».

Ce dernier trajet, de 540 mètres à vol d'oiseau, s'est effectué en sept heures. Le parcours souterrain complet — traversée de trois massifs de montagnes — s'est donc accompli en trois jours.

La fluorescéine, qui n'a été complètement éliminée par le « Trou de la Loutre » qu'après une durée persistante de dix-sept jours, démontre par ce fait l'existence de nombreux siphons et expansions d'eaux échelonnés sur le trajet de la Lesse souterraine. Elle a également prouvé l'existence d'un cours permanent et d'un afflux temporaire.

M. *Van den Broeck* fait ensuite observer que c'est à la demande de son collaborateur que son nom à lui a les honneurs de la préséance en tête du travail; mais il tient à signaler que le mérite des observations qui viennent d'être exposées revient spécialement à M. *Rahir*. Si, dans des publications antérieures, M. *Van den Broeck*, parlant au nom de son collègue et au sien, a pu prédire déjà comme probables les beaux résultats actuellement obtenus et s'il a pu élaborer avec son collègue le plan et la marche des observations à faire au moment d'une crue, le mérite des constatations matérielles revient surtout à M. *Rahir*, qui s'est trouvé en situation de pouvoir conduire et suivre de près les expériences convenues.

M. le *Président* remercie vivement MM. *Rahir* et *Van den Broeck* de leur intéressante communication et exprime l'espoir que ce travail ne sera pas le dernier de l'espèce. Il émet le vœu que des recherches et expériences de ce genre soient continuées, surtout pour de multiples sources des terrains calcaires soupçonnées de n'être que de simples résurgences. Il est désirable que la Belgique puisse tenir dignement sa place aux côtés de la France dans les études actuellement entreprises sur la circulation des eaux dans les calcaires, surtout pour ce qui concerne les eaux alimentaires dérivant de ces terrains.

M. *Van den Broeck* attire l'attention de l'Assemblée sur la portée pratique très particulière que prennent ces études au point de vue de *l'hygiène publique*. Il fait un exposé récapitulatif montrant l'impérieuse utilité qu'il y aurait d'établir et de réaliser un *programme systématique d'expériences* de ce genre, appliqué à l'ensemble des « sources » et résurgences de nos terrains calcaires.

Cette année, il se tiendra à Bruxelles un Congrès international d'hygiène et de démographie, où sera discutée en détail la question de l'alimentation par les eaux issues des calcaires. L'utilité des expériences à la fluorescéine a fait l'objet d'un vœu au dernier Congrès; mais il importe que les opérations de l'espèce soient faites systématiquement et sans mesures restrictives causées par le coût des expériences.

Il y a en Belgique plusieurs centaines de ruisseaux et de cours d'eau

partiellement et même entièrement souterrains; un travail sérieux de recherches et d'expériences sur cet ensemble considérable de problèmes locaux ne peut être entrepris par un particulier, d'autant plus qu'il serait indispensable de dresser un inventaire et un *atlas détaillé* du lit souterrain, connu ou probable, de ces cours d'eau, documents ayant pour but d'établir aussi nettement que possible la séparation entre les eaux qui offrent pour l'usage alimentaire des dangers positifs, soit permanents, soit éventuels et temporaires, et celles offrant certaines garanties et sur lesquelles devront exclusivement se localiser des études ultérieures.

Des vœux visant la réalisation d'une *enquête systématique et détaillée* sur la question de l'*utilisation des eaux du Calcaire* pourraient être utilement émis par le Congrès en vue d'être soumis aux pouvoirs publics, et la Société pourrait charger les délégués qu'elle y enverra sans nul doute, d'une mission en ce sens et d'un exposé montrant la haute utilité d'une enquête approfondie. (*Approbation.*)

M. *van Ertborn* demande aux auteurs si l'on a évalué le débit approximatif de la Lesse souterraine à sa jonction avec la rivière à Chaleux. Serait-ce une réapparition totale ou partielle qui s'observe au trou de la Loutre, soit à la sortie à Chaleux?

M. *Rahir* fait connaître qu'il est impossible, par suite des dispositions des lieux, de faire les jaugeages dont il s'agit. Une partie des eaux de la Lesse souterraine peut d'ailleurs se perdre par un ou plusieurs points du thalweg dans les eaux de la rivière, le débit du « Trou de la Loutre » ne représentant alors que le surplus de l'apport dû au cours souterrain de la Lesse après sa traversée des deux boucles de Furfooz et de Chaleux.

M. le capitaine *Rabozée* résume ensuite, à l'aide de figures au tableau, le travail de M. W. SPRING, intitulé : **Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que sur son tassement**; il s'exprime comme suit :

Cette étude fait suite à des travaux précédents du même auteur (1), mais elle touche de bien plus près à la question du « sable boulant ».

(1) ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXVIII, p. m 117, 1901, et t. XXIX, p. m 17, 1902. — BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI, *Pr.-Verb.* p. 269, 1902.

M. Spring étudie, dans diverses circonstances, le phénomène compliqué de l'imbibition du sable sec, puis il passe à l'examen des conditions dans lesquelles s'opère le tassement du sable dans des liquides différents, dans le vide, dans les gaz et dans les liquides contenant des gaz en dissolution.

L'auteur rencontre dans ce travail plusieurs points importants discutés dans les séances que notre Société a consacrées à l'étude scientifique du « boulant », notamment le tassement du « boulant » par le drainage, le foisonnement du sable qui s'imbibe d'eau dans diverses circonstances.

Après l'exposé sommaire des très intéressantes recherches expérimentales de M. Spring, il est donné lecture des conclusions suivantes, que l'auteur formule comme résumé de son travail :

1. L'imbibition d'un sable sec a lieu jusqu'à ce que l'air expulsé d'entre les grains par le liquide ait atteint une certaine pression dont la grandeur dépend essentiellement de la constante capillaire du liquide et de la finesse du sable; toutefois, l'arrêt de l'imbibition n'empêche pas le mouillage général des grains de sable.

2. Une masse de sable sec et meuble qui s'imbibe d'eau passe par un *maximum de solidité*. Celui-ci est un état d'équilibre instable parce que l'addition ou l'enlèvement d'un peu de liquide provoque une dislocation marquée. Quand le sable se trouve dans cet état d'équilibre, il se laisse débiter en tranches fines, restant debout.

3. Le degré d'imbibition qui donne à une masse de sable le maximum de solidité est en équilibre physique avec le degré de libre imprégnation d'eau des membranes animales.

4. Le sable se tasse d'une manière égale dans des liquides chimiquement différents. Le degré de tassement ne dépend donc ni des constantes capillaires ni des grandeurs moléculaires des liquides. Toutefois, la rapidité du tassement dans divers liquides n'est pas la même; elle varie dans une large mesure sans être, non plus, en relation simple avec les constantes physiques des liquides.

5. Le tassement du sable dans les gaz présente le même caractère que dans les liquides. Il est aussi indépendant de la nature chimique des gaz. Ceci prouve que la densité des gaz n'intervient pas comme facteur essentiel dans le phénomène.

6. Le sable détruit l'état de *sursaturation* et même l'état de *saturation* d'une solution d'un gaz dans l'eau. Il *adsorbe* le gaz autour de ses grains au point d'en libérer une notable partie. L'enveloppe de gaz formée autour des grains fait obstacle au tassement; mais comme cette enveloppe est

dans un état d'équilibre instable, elle finit par disparaître et le tassement s'achève.

7 Si l'on agite avec du sable une solution mutuelle de deux liquides n'ayant pas, l'un pour l'autre, une trop grande affinité, on constate que la solution change de composition. Le sable concentre autour de lui le liquide pour lequel il a le plus d'affinité, de sorte que la proportion de l'autre devient plus forte dans la partie éloignée du sable.

8. L'eau dans laquelle du sable se trouve suspendu accuse une densité plus grande que celle de l'eau pure. La différence peut dépasser 10 %.

9. Du sable mêlé d'eau se comporte comme un liquide particulier : il traverse même de l'eau pure sans lui abandonner celle qu'il retient autour de ses grains.

10. Les gaz dissous dans les liquides sont l'obstacle le plus grand au tassement rapide du sable, mais ils ne sont pas seuls à agir. La couche de liquide qui adhère aux grains de sable retarde, de son côté, le tassement d'autant plus qu'elle est plus fine ; sans doute parce que sa solidité grandit à mesure que son volume diminue.

11. Du sable qui s'imbibe librement d'eau de manière que l'air puisse s'en dégager, ne *foisonne* pas si le niveau de l'eau d'imbibition est égal ou inférieur à la surface libre du sable. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si l'eau pénètre dans le sable sous une certaine pression, même faible, le *foisonnement a lieu* ; c'est qu'alors l'eau pourra faire équilibre et même soulever la masse de sable et d'eau qui fonctionne comme un corps unique, dont la densité apparente est supérieure à celle de l'eau pure.

M. le *Président* remercie vivement M. Rabozée de l'intéressant exposé qu'il vient de faire du travail du savant professeur de Liège et fait remarquer toute l'importance de ce nouveau mémoire de M. Spring qui, il le reconnaît avec M. Rabozée, fait faire un pas important à l'étude scientifique du sable boulant.

Il ajoute qu'il a été frappé de l'ingéniosité apportée par M. Spring dans ses expériences, lesquelles ont donné des résultats absolument précis et démonstratifs.

Il félicite chaleureusement l'auteur de cette importante étude et le remercie de l'honneur qu'il a fait à la Société en la lui réservant.

Le travail *in extenso* sera publié dans les *Mémoires*.

Une discussion s'engage ensuite entre MM. Ad. Kemna, O. van Ertborn, Ch. Fiévez et quelques autres membres, mais il est entendu qu'elle sera reprise ultérieurement, après l'impression du mémoire de M. Spring.

M. le baron van Ertborn expose ensuite son étude intitulée : **Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène inférieur des Flandres**, présentée et acceptée pour l'impression aux *Mémoires*. En voici le résumé succinct :

M. G. Dollfus ayant, à la suite des deux excursions de la Société en 1901 et 1902, publié, dans la *Feuille des Jeunes Naturalistes* (1), un compte rendu sommaire de ces explorations, sous le titre de *Classification des couches crétacées, tertiaires et quaternaires du Hainaut belge*, le baron van Ertborn expose les idées émises par l'auteur.

Celui-ci estime, au sujet du système éocène, que la faune et la flore du Heersien et du Landenien marin sont les mêmes et, par conséquent, qu'il n'y a pas lieu de scinder ces dépôts en deux étages. M. van Ertborn ajoute que les *silex verdis* ne sont nullement la base de l'étage landenien, mais bien des silex de dénudation prétertiaire. La ligne de démarcation stratigraphique entre les deux étages se réduit à un léger ravinement et à quelques graviers épars. Le Heersien a, il est vrai, une zone d'extension bien moins considérable que celle du Landenien, mais on ne doit pas oublier qu'il a emprunté ses sédiments au Crétacique, très réduit en sous-sol dans la partie occidentale de la Belgique et que les marnes heersiennes sont les plus *délayables* de nos dépôts tertiaires.

Il se peut donc fort bien que dans le sous-sol de la Belgique occidentale, le Heersien ait disparu ou même n'ait pu se former.

Les couches désignées comme Landenien supérieur dans la même région sont, d'après M. G. Dollfus, de même âge que le Sparnacien français. La faune le prouve à l'évidence; il n'y a donc pas de contestation possible. M. van Ertborn donne la liste des fossiles sparnaciens recueillis en de nombreux points. Depuis lors, la question a encore fait un nouveau pas. M. Leriche vient de publier la description des poissons fossiles du Landenien supérieur de la région orientale du pays et ceux-ci sont tous d'eau douce et sparnaciens. Cette faune n'a donc aucun rapport avec le Landenien marin et l'introduction dans la légende belge de l'étage sparnacien s'impose.

M. G. Dollfus considère le Paniselien comme un véritable Ypresien supérieur, et il estime que les différences fauniques ne justifient nullement la subdivision de ces dépôts en deux étages Ypresien et Paniselien; de plus, la ligne de démarcation stratigraphique qui les sépare est presque nulle et M. van Ertborn ajoute qu'en grande profondeur le

(1) N° 386, sér. IV, 33^e ann., 1^{er} déc. 1902.

Paniselien et l'Ypresien se confondent en une seule masse argileuse, où toute trace séparatrice fait complètement défaut.

M. G. Dollfus se demande ensuite si le petit lit de gravier qui sépare le Ledien du Laekenien justifie la subdivision de ces dépôts en deux étages, les différences fauniques étant presque nulles.

Les mêmes observations peuvent s'adresser aux étages Wemmélien et Asschien, surtout au dernier, dont la faune est encore peu connue. M. van Ertborn signale encore l'inconséquence qui fait du sable à *N. planulata* le toit de l'Ypresien et du sable à *N. (Operculina) Orbigny* la base de l'Asschien. Le Bruxellien, le Laekenien, le Ledien n'équivalent tous ensemble qu'à une partie du Lutécien de Paris.

M. van Ertborn est donc d'avis que, lorsque les différences fauniques sont presque nulles et que les lignes de démarcation stratigraphique sont incertaines, il y a lieu de simplifier la légende : toute simplification rendant l'étude de la science plus facile et plus attrayante.

Il a l'honneur de proposer à l'échelle stratigraphique de la Carte au 40000^e les modifications suivantes :

Système Éocène.

ÉTAGE WEMMELIEN	{	Assise asschienne.
	{	Assise wemmélienne.
ÉTAGE LAEKENIEN	{	Assise ledienne.
	{	Assise laekenienne.
ÉTAGE BRUXELLIEN	}	
ÉTAGE YPRESIEN	{	Assise paniselienn.
	{	Assise ypresienne.
ÉTAGE SPARNACIEN	}	
ÉTAGE LANDENIEN	{	Assise lagunaire.
	{	Assise marine.
	{	Assise heersienne.
ÉTAGE MONTIEN	}	

M. le *Président*, remettant à une séance ultérieure toute controverse qui pourrait s'élever sur les points que vient de soulever M. van Ertborn, déclare que, pour sa part, il ne peut se rallier à sa manière de voir.

La séance est levée à 10 h. 50.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 10 FÉVRIER 1903.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

T. H. HOLLAND. (Geol. Survey of India.) — **Sur la composition, l'origine et la déshydratation de la latérite.** (*Geol. Mag.*, février 1903.)

Dans un article relatif à la description des roches provenant des îles Seychelles, Max Bauer (1) a discuté spécialement la question de la latérite qui correspond, par ses caractères principaux, à la bauxite, dont l'importance industrielle ne doit pas être perdue de vue par ceux qui s'occupent des contrées tropicales humides.

De son côté, l'auteur distingue plusieurs espèces de latérite : celle des hauts niveaux et celle des contrées basses; les premières se trouvent encore en place et recouvrent les terrains aux dépens desquels elles ont été formées. On rencontre dans l'Inde, au-dessous du niveau de 5 000 pieds, des couches de recouvrement qui renferment en abondance des masses concrétionnées, tandis que les produits de décomposition des niveaux plus élevés ont parfois conservé la structure de la roche aux dépens de laquelle la latérite s'est formée. Les latérites des bas niveaux ont une origine détritique et renferment des grains de sable, où le quartz prédomine généralement; elles diffèrent surtout des autres roches détritiques par l'abondance du ciment latéritique.

Dans cette forme, qui est celle qui se rencontre le plus souvent, il y a une bien petite quantité d'alumine et un pourcentage plus élevé du fer, ce qui provient probablement de l'action élémentaire des eaux courantes qui emportent la gibbsite et abandonnent le fer plus lourd avec les grains de sable. Par contre, le type des Seychelles, signalé plus haut, paraît appartenir au type des niveaux supérieurs.

(1) M. BAUER, *Beitrag zur Geologieder Seychellen*. (NEUES JAHRB. F. MINERALOGIE, ETC., 1898, vol. II, p. 463.)

Un produit analogue à la latérite est désigné, dans l'Inde, sous le nom de *Kunkar*. On le trouve sur le flanc oriental des Ghats occidentales, de la côte de Malabar, alors que le flanc occidental est occupé par la latérite ordinaire. Le *Kunkar* se distingue par la présence d'une proportion élevée de carbonate de chaux et est employé comme ciment hydraulique. Il présente l'ensemble des produits de décomposition de la roche, les produits calcaires solubles n'ayant pas été enlevés par l'eau des pluies qui, sur le versant oriental des Ghats, sont beaucoup plus rares que sur le versant occidental, exposé à la mousson du Sud-Ouest.

Il n'est pas probable que la formation de la latérite dépende seulement de la température plus ou moins élevée de la région, car la latérisation est très active sur les Nilgiri-Hills et les Palni-Hills du Sud de l'Inde, où la température ne varie que fort peu autour de 60° F. et où, par conséquent, l'hiver est peu marqué.

L'auteur en conclut qu'un hiver rigoureux s'oppose à la formation de la latérite ; ainsi, dans les latitudes élevées, le feldspath est conservé à l'état détritique.

D'un autre côté, lorsque des gaz ou des liquides venant de la profondeur agissent sur des silicates alumineux, peut-être à des températures élevées, il se forme du kaolin, qui est un silicate hydraté d'alumine, au lieu des oxydes hydratés comme on l'a parfois prétendu.

Se basant sur ces considérations, l'auteur est porté à croire que l'explication de la formation de la latérite ne se trouve pas dans des réactions chimiques simples, mais qu'il faut la chercher dans l'action d'un organisme inférieur, qui a le pouvoir de séparer l'alumine, dont il n'a pas besoin, de la silice qui lui est nécessaire ; celle-ci, se trouvant à l'état soluble, est enlevée ultérieurement par les solutions alcalines. Cet organisme peut se développer dans les climats humides et chauds des tropiques, même dans les altitudes tempérées de ceux-ci, mais il ne pourrait résister aux hivers rigoureux de la zone tempérée et du Nord de l'Inde, où l'on ne rencontre pas de latérite. Ce même organisme pourrait aussi former le *Kunkar*, qui ne diffère de la latérite que par une action ultérieure de l'eau moins intense.

L'existence d'organismes capables de décomposer les silicates d'alumine cesse de paraître extraordinaire si l'on se rappelle l'existence des bactéries de nitrification, qui transforment les sels inorganiques en protéides pour les plantes supérieures ; des bactéries qui, en sens inverse, décomposent la matière organique azotée pour former des

nitrate, et aussi des formes anaérobies qui décomposent les sulfates et isolent le soufre, et, enfin, des formes aérobies qui transforment les sulfures en sulfates.

Parmi les formes que l'on trouvera très probablement dans la latérite en voie de formation, il y aura des formes voisines des genres *Crenothrix* et *Cladothrix*, etc., qui constituent des agents actifs dans l'oxydation des sels ferreux et déposent dans les parois de leur cellule l'oxyde ferrique. Il y a probablement des bactéries voisines de celles-ci qui agissent dans l'oxydation des sels ferreux, qui se forment pendant la latérisation du basalte. Mais les formes les plus importantes à découvrir seront celles qui fournissent l'énergie nécessaire pour une désintégration plus complète d'un silicate alumineux, ce que les moyens chimiques ne nous permettent pas encore de réaliser à la température ordinaire de l'atmosphère.

L'auteur discute ensuite longuement la déshydratation de la latérite des bas niveaux, particularité qui en fait une excellente matière pour travaux de terrassement; elle acquiert avec le temps une dureté remarquable et une résistance indéfinie aux agents atmosphériques.

V. D. W.

F. MIRON. — **Étude des phénomènes volcaniques.** (Paris, Béranger, éditeur, rue des Saints-Pères, 1905, vol. 520 pages.)

Le désastre de la Martinique, le réveil d'un grand nombre de volcans, les nombreux tremblements de terre, la mort de milliers de malheureux, victimes de ces phénomènes naturels, jettent un voile de deuil sur cette année 1902 et lui réservent un souvenir sinistre dans la série séculaire. M. F. Miron a traité la question du volcanisme à ses divers points de vue et son ouvrage est l'exposé fidèle de l'état actuel de nos connaissances à son sujet.

Le premier chapitre est consacré aux tremblements de terre; il traite depuis le plus minime mouvement sismique, perceptible seulement à l'aide d'instruments spéciaux, jusqu'aux tremblements de terre les plus violents, causant de grands ravages. L'auteur donne les formules pour calculer l'épicentre.

Dans le deuxième chapitre, M. Miron énumère et décrit les différents phénomènes résultant des mouvements sismiques, tremblements de terre, raz de marée, oscillations barométriques, phénomènes magnétiques.

La deuxième partie de son ouvrage est consacrée au volcanisme proprement dit; elle traite des signes précurseurs, des sismes, des colonnes de fumée, des projections de débris, de sables, de cendres, de lapilli, de bombes, enfin du mode de formation du cratère.

Le chapitre II de la seconde partie est consacré aux diverses espèces de laves; les laves acides contiennent de 55 à 66 % de silice et leur densité est 2.90; les laves basiques n'en contiennent que de 40 à 65 % et leur densité varie de 2.90 à 3.10. Quelques volcans ayant des cratères à des altitudes différentes rejettent les laves acides et légères par le cratère le plus élevé.

Parlant de l'ascension lente des laves et des mouvements oscillatoires que présente ce mouvement, l'auteur n'en donne aucune explication. Il est regrettable qu'il n'ait point eu connaissance de la théorie du *compresseur à air*.

La température des laves est variable; d'après MM. Fouqué et Michel-Lévy, les laves à leucite auraient celle de la fusion du platine, soit 1 900°, celles à anorthite au moins 1 600°. En 1900, Bartoli mesura avec soin la température de la lave de l'Etna : celle-ci était de 1 000°.

Au cours de sa coulée, la lave se refroidit extérieurement, se solidifie et la partie centrale garde sa fluidité. Si l'apport cesse, la partie solidifiée se vide et forme tunnel. Celui d'Augra, aux Açores, a 1 000 mètres de longueur sur 10 mètres de largeur et 6 mètres de hauteur.

La vitesse des coulées dépend de la fluidité de la lave et de l'inclinaison de la pente; elle peut varier de 8 mètres à 0^m,06 par seconde.

Le volume des coulées est parfois considérable; celle du Vésuve, en 1794, fut de 23 400 000 mètres cubes; celle de 1787, à l'île Bourbon, atteignit 86 000 000 de mètres cubes.

Le chapitre III de l'ouvrage est consacré à l'étude des émanations gazeuses des volcans, colonnes de fumée et fumerolles, leur composition chimique, les produits de sublimation.

Le chapitre IV, aux solfatares et aux geysers, et le suivant aux salses, aux mofettes, aux terrains ardents et aux fontaines ardentes.

Dans le chapitre VI, l'auteur expose les modes de formation des cratères et des cônes volcaniques, des dômes d'intumescence, des couronnes, et il passe, au chapitre VII, aux éruptions et aux déluges de boues. Enfin, le chapitre suivant est consacré aux volcans sous-marins.

Les causes du volcanisme sont le sujet de la troisième partie de l'ouvrage de M. Miron; l'auteur entre d'abord dans des considérations

générales, au sujet de la répartition des volcans dans les différentes contrées et sur les grands phénomènes qui ont modifié l'écorce du globe ; il étudie ensuite les différentes théories émises sur les causes du volcanisme : celles de M. de Lapparent, de M. Fouqué, de M. Stanislas Meunier, de M. Armand Gautier, enfin celle des influences sidérales, qui paraît peu vraisemblable.

Dans la quatrième partie du volume, M. Miron rappelle les différents phénomènes résultant des éruptions volcaniques ; les lueurs crépusculaires, les couronnes solaires ; il passe ensuite, dans la cinquième partie, à l'étude des principaux volcans et termine son ouvrage par l'histoire du cataclysme de la Martinique.

Le travail de M. Miron est un résumé complet de tout ce qui a été dit sur les volcans jusqu'à ce jour ; sa lecture et son étude sont des guides sûrs dans la question de ces grands phénomènes terrestres qui, comme nous l'avons déjà dit, laisseront un triste et impressionnant souvenir de l'année 1902.

B^{on} O. v. E.

F. FOUQUÉ. — Les analyses en bloc des roches éruptives et leur interprétation.

Au moment où s'achève l'impression de notre *Bulletin bibliographique*, m'arrive, comme hommage de l'auteur, une importante contribution de M. F. FOUQUÉ, traitant des *Analyses en bloc des roches éruptives* et de leur interprétation (1).

Le chapitre final de ce travail constitue indirectement — car son auteur n'a nullement en vue ce but spécial — un plaidoyer pouvant, dans une certaine mesure, être utilisé en faveur de la thèse des *foyers périphériques* de M. Stübel. J'ai désiré dire ici quelques mots du nouveau travail de M. Fouqué, tant pour faire connaître les vues intéressantes de l'auteur, que pour signaler qu'un tel corollaire pourrait être ajouté par les partisans de la thèse Stübel aux intéressantes conclusions générales du travail de notre éminent confrère.

Depuis longtemps, dit-il, les analyses en bloc des roches éruptives sont très en faveur parmi les pétrographes, qui leur demandaient le moyen de connaître la nature de la matière fondue sous-jacente à l'écorce

(1) Extrait du *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, décembre 1902.

terrestre et d'en suivre l'évolution et les variations de composition jusqu'au moment de la consolidation finale. On avait cru trouver par ce procédé une base de documentation géogénique n'ayant pas à réclamer l'édification des hypothèses, souvent contradictoires, de la Géologie. On comptait même pouvoir y trouver une base rationnelle de classification des roches, fondée sur des considérations génétiques.

M. Fouqué, cependant, ne s'était guère fait d'illusions sur cette prétendue portée des recherches de l'espèce, et, dans les analyses en bloc de roches volcaniques qu'il avait, comme tant d'autres, entreprises, il n'avait jamais eu en vue que l'élucidation de problèmes régionaux ou locaux, ou bien l'étude de cas particuliers.

Dans le travail qu'il vient de faire paraître, M. Fouqué montre qu'il y a une distinction radicale à établir entre la portée qui peut être attribuée à l'analyse en bloc des roches *plutoniques* et celle qui s'attache à l'analyse des roches *volcaniques* proprement dites.

Trop d'éléments, sujets à controverse, existent dans le premier cas, qui se caractérise par des produits cristallisés, par voie aqueuse, dans les filons concrétionnés, tandis que dans le second, l'on a affaire à des produits constitués par voie de fusion ignée, que des expériences de laboratoire peuvent permettre d'élucider dans leurs conditions de production.

L'analyse en bloc des roches *volcaniques*, dont il faut éliminer évidemment celles de roches ayant subi des actions secondaires notables, dues à l'influence des agents atmosphériques, est donc un procédé pouvant être admis comme moyen d'investigation de la matière fondue qui remplit les foyers éruptifs profonds.

L'auteur, après avoir écarté l'objection qui pourrait être tirée de la présence habituelle d'une matière vitreuse paraissant devoir contrarier les résultats d'un tel mode d'étude recherche s'il n'est pas possible de tirer une conclusion utile et pratique des résultats fournis par les analyses en bloc des divers types de laves qu'il a étudiées.

Celles-ci sont constituées par deux séries principales : les roches volcaniques de l'archipel de Santorin, appartenant à diverses catégories, et les roches volcaniques d'Auvergne.

La variété des types de ces deux séries étudiés par l'auteur est considérable, car elle comprend une trentaine de roches différentes de la première série et une quinzaine de la seconde.

Pour chacune d'elles, l'auteur, en regard de la composition chimique de la roche en bloc, fournit les quotients moléculaires, et presque toujours ces données sont étendues, parallèlement à la composition

moyenne des feldspaths de la roche étudiée, à celle également des phéno-cristaux de feldspaths des mêmes échantillons. Chaque fois aussi, les résultats de l'analyse sont suivis de son interprétation et du détail des chiffres de la composition moléculaire.

L'auteur a eu surtout en vue, dans ses recherches, de suivre dans divers types de roches volcaniques la marche du phénomène de feldspathisation, en ce sens qu'il a recherché, à l'aide de ses analyses, à évaluer approximativement dans chaque cas la manière dont s'effectuaient l'évolution et la succession des divers feldspaths. A ce point de vue, la comparaison des feldspaths en phéno-cristaux avec ceux du second temps de consolidation est particulièrement intéressante dans les deux groupes voisins des trachytes et des phonolites, car on constate que l'évolution des divers types feldspathiques s'y fait en sens inverse.

Ces mêmes études conduisent aussi à des données intéressantes quand il s'agit d'une roche résultant d'un magma complexe, par exemple d'un mélange de magmas de trachyte et de basalte, comme dans la roche de la Marangie (Cantal), étudiée par l'auteur.

L'ensemble des données ainsi réunies par M. Fouqué l'a amené à aborder un chapitre spécial, celui de l'*examen critique de la théorie de la différenciation*, et c'est ici que nous allons tenter, sans le concours de l'auteur toutefois, d'y trouver un appui en faveur des vues émises par M. Stübel.

M. Fouqué rappelle d'abord que, suivant la thèse classique, enseignée aujourd'hui dans la plupart des Universités françaises, le globe terrestre aurait été primitivement fondu en totalité et *homogène*. L'hétérogénéité actuelle constatée dans les produits éruptifs serait due à des séparations spontanées qui se seraient faites dans le magma original, sous l'influence des inégalités de température.

Les nombreux partisans de ces vues classiques admettent la persistance, jusqu'à nos jours, de ces processus de différenciation. Il se produirait des groupements successifs de premier, de deuxième et de troisième ordre, le tout obéissant à des lois d'évolution amenant des différenciations de plus en plus accentuées et dont la grande variété des laves des volcans actuels constituerait la démonstration très nette.

L'auteur combat cette thèse de l'homogénéité primordiale de la Terre. Pour accepter pareil point de départ, il faut admettre ou bien une absolue uniformité de composition et de distribution, dans l'espace, des matières cosmiques ayant donné naissance à notre globe, ou bien

la possibilité d'un brassage énergétique et prolongé du magma fondu, datant des premiers temps de la genèse terrestre.

A la première hypothèse s'oppose la diversité de composition des météorites, qui démontre le manque absolu d'homogénéité dans la matière cosmique en circulation. L'analyse spectrale des étoiles démontre de son côté la diversité de composition quantitative des astres auxquels pourrait être logiquement comparée la Terre aux premiers temps de son existence.

Quant à l'hypothèse, absolument gratuite, de brassage, elle est, dit l'auteur, « en contradiction avec ce que les données de la Physique, de la Mécanique et de l'Astronomie ont permis de présumer sur la densité et la rigidité des parties centrales de la Terre et avec ce que l'on sait relativement à la viscosité de la matière fondue sous-jacente à son écorce ».

L'auteur, tout en rejetant nettement l'hypothèse d'un magma primitif, unique et homogène, ne croit cependant pas devoir rejeter *a priori* la possibilité, par des cas particuliers et limités, d'une certaine différenciation dans les magmas fondus. Il admet que les cristallisations amenées au sein des magmas silicatés fondus constituent des différenciations, mais ce sont des différenciations locales, d'ordre minéralogique, plutôt que d'ordre géologique. Les mouvements et l'ordre de classement dus à la pesanteur, aux différences de densité des cristaux divers apparaissant au sein des magmas, n'affectent que des zones et épaisseurs de milieu ambiant peu importantes, et l'auteur montre que, l'influence des températures aidant, il ne peut y avoir de transfert vertical que de médiocre étendue.

M. Fouqué combat ensuite la théorie nouvelle de différenciation que certains pétrographes modernes ont basée sur l'observation de l'ordre habituel des cristallisations dans les laves et il montre notamment qu'elle ne parvient nullement à expliquer les localisations dans le sens tangentiel, qui, de toutes manières, restent la grosse difficulté, que n'ont pu résoudre les partisans de la différenciation du magma interne.

Voici maintenant, reproduites *in extenso*, les considérations finales de l'étude de M. Fouqué :

Quand on passe en revue l'ensemble des enseignements de la Géologie, on arrive forcément à conclure que de tous temps le globe terrestre a été hétérogène, que les foyers éruptifs sont très inégalement distribués et localisés, et que chacun a son individualité propre avec des liens de parenté (*consanguinity*) qui le rattachent à d'autres foyers, tantôt contigus, tantôt situés à de grandes distances.

Les différenciations sont incapables d'amener des transferts lointains comme ceux qu'implique la localisation des massifs éruptifs, si différents les uns des autres au point de vue de la composition des roches qui les constituent en des lieux séparés quelquefois par d'énormes intervalles, pas plus qu'elles ne peuvent rendre raison de l'identité de quelques-uns de ces amas dépourvus de communications entre eux.

Comment supposer que d'un même magma fondu, certains composés chimiques aussi rapprochés les uns des autres que le sont, par exemple, les bases alcalines et alcalino-terreuses, aient pu s'échapper en sens divers, circuler souterrainement et s'accumuler localement dans des districts souvent fort écartés entre eux? Pourquoi la soude serait-elle venue se concentrer dans le bassin de Christiania et dans les Kaménis de Santorin, la potasse au Vésuve ou dans quelques autres volcans isolés, la chaux et la magnésie à l'Etna et dans les volcans basaltiques? Et dans une même région, les localisations ne sont-elles pas presque toujours tout aussi accentuées? Dans le groupe du Mont-Dore, par exemple, aucun phénomène de différenciation ne peut rendre compte de la séparation de types aussi tranchés que les andésites, les phonolites et les basaltes, quelque voisins et enchevêtrés que soient les gisements de ces roches. A plus forte raison, la même difficulté se présente-t-elle lorsqu'il s'agit d'événements très éloignés les uns des autres. La viscosité très grande des silicates fondus semble bien être un obstacle invincible aux voyages en sens divers que l'on a imaginés comme ayant affecté les éléments intégrants de leur magma originel.

Si les phénomènes de différenciation étaient, comme on le suppose, lents, graduels et progressifs, les éruptions de composition signalant les étapes des phénomènes ne se feraient-elles pas d'ailleurs dans un ordre déterminé? Tous les pétrographes partisans de la théorie de la différenciation ont admis cette conséquence et ont cherché à en déterminer les lois. Mais là s'arrête l'accord qui existe entre eux; rien de confus comme les résultats contradictoires auxquels ils ont été conduits. L'un a assigné aux roches éruptives d'un district donné un ordre de genèse particulier; un autre, étudiant une autre région, est arrivé à une conclusion contraire; un troisième a conclu à l'existence d'un ordre encore tout différent. Dans leurs travaux, les généralisations hâtives luttent les unes contre les autres et se détruisent mutuellement. Comme conséquence, il faudrait admettre que la nature, en opérant les différenciations, a agi bien capricieusement.

N'est-il pas plus simple et par suite préférable d'admettre que la matière fondue qui fournit les roches éruptives a toujours été hétérogène, mais qu'elle l'est peut-être plus que jamais à cause des phénomènes endomorphiques qu'elle subit et surtout à cause de l'action puissante et compliquée des minéralisateurs qui, souterrainement, s'exerce sans trêve

ni relâche et dont nous ne découvrons le plus souvent les effets grandioses que longtemps après qu'ils ont eu lieu !

D'ailleurs, il n'y a pas que les magmas fondus alimentant les volcans qui soient hétérogènes. Rien de varié et d'inégal comme la distribution et la localisation par groupes des eaux minérales, des roches plutoniques et des filons concrétionnés. Ne sait-on pas que certaines régions privilégiées sont exceptionnellement et très localement favorisées au point de vue des dépôts métallifères ? Est-ce que tous les gisements éruptifs offrent à ce point de vue les mêmes caractères ? Est-ce que tous les filons sont également riches en métaux précieux ? Tous offrent-ils la même gangue ? Est-ce que les dépôts d'acide borique si limités de la Toscane et de la petite île de Vulcano n'impliquent pas l'existence, dans les profondeurs correspondantes du sol, de réservoirs d'étendue très restreinte, riches en acide borique ou en combinaisons boratées ? Croit-on qu'il suffise de pratiquer un sondage dans une région granitique ou gneissique quelconque pour obtenir la sortie de telle ou telle eau minérale déterminée ? Ces sources sont disposées en groupes remarquablement localisés et doués de caractères spéciaux. Quand on songe à l'énorme amas de sels de soude que l'on aurait recueilli au Mont-Dore, à Vichy et à Karlsbad si seulement, en chacun de ces trois points, on avait pu évaporer l'eau minérale qui en est sortie depuis le commencement des temps historiques, on ne peut s'empêcher de penser qu'il existe souterrainement, au-dessous de ces localités, des amas alcalins d'un volume énorme et cependant très localisés.

Enfin, que dire des gîtes si exigus et si limités où la patience des chercheurs les plus expérimentés va recueillir les composés des terres rares ? Si ces terres rares ont été primitivement distribuées d'une façon uniforme en proportions infinitésimales dans le magma fondu universel, quelle différenciation miraculeuse ne faut-il pas admettre pour expliquer leurs gisements actuels !

Contre la théorie de la différenciation, il est encore un argument, plus contestable à la vérité, mais qui cependant ne doit pas être passé sous silence. Il se tire de la comparaison des roches volcaniques des anciennes périodes géologiques avec celles de l'époque actuelle. Les roches volcaniques anciennes étaient naguère encore méconnues des géologues ; il a fallu l'introduction du microscope et la sagacité des pétrographes pour les faire reconnaître malgré les altérations diverses qu'elles ont subies. Aujourd'hui, leur existence est établie indubitablement et leur étude fait chaque jour de grands progrès. On peut donc les comparer entre elles et surtout les comparer avec celles des volcans modernes. Si les phénomènes de différenciation correspondaient à un processus régulier et incessamment progressif, il devrait y avoir d'énormes différences de composition entre les magmas qui ont déversé les produits de

la période paléozoïque et même ceux de la période secondaire et ceux qui rejettent encore les laves de nos volcans actuels.

Or, quand on met de côté les différences dues à l'action des minéralisateurs et aux altérations atmosphériques, on est surpris de l'identité de composition des roches des volcans carbonifères, devoniens ou siluriens avec celles que nous voyons engendrées sous nos yeux par l'action des feux souterrains. Ce sont les mêmes types minéralogiques et chimiques qui se présentent, avec quelques différences seulement d'ordre secondaire. Certains porphyres sont à peu près identiques à nos dacites et à nos rhyolites, les différents types de porphyrites reproduisent presque exactement nos andésites; les basaltes ne diffèrent pas sensiblement de nos laves basaltiques, et les péridotites de toutes les époques peuvent être à peu près assimilées et identifiées dans toutes leurs variétés. Les diversités que l'on constate entre des roches analogues d'âge différent sont beaucoup plus des diversités de structure que des différences de composition chimique. En outre, dans chaque cas particulier, un examen attentif des faits donne en général assez facilement l'explication des anomalies apparentes.

En somme, si les causes qui modifient les résultats des analyses sont encore quelquefois difficiles à apprécier et sont, dans quelques cas spéciaux, un obstacle à ce qu'on puisse tirer de la comparaison des roches tout le parti qui doit en provenir plus tard, néanmoins ce qui est déjà sûrement établi montre assez que les magmas fondus telluriques n'ont guère subi de changements notables pendant l'immense durée des temps géologiques.

De tout ce qui vient d'être dit nous pouvons donc déduire les conclusions suivantes :

1° L'hétérogénéité du globe terrestre est primordiale aussi bien dans le sens tangentiel que dans le sens radial; elle n'a pas dû subir, avec le temps, de modifications considérables. La production des cristallisations, ainsi que les mouvements lents et limités occasionnés par la différence entre les densités des cristaux formés et celle du milieu visqueux qui les tient en suspension, sont les seules causes efficaces des déplacements sensibles;

2° La théorie de la différenciation prise dans toute sa pleine extension, avec le caractère que les pétrographes modernes lui ont attribué, donne prise à des objections graves, pour ne pas dire à des impossibilités;

3° Ou bien elle repose sur des conceptions purement gratuites; ou bien les faits de détail invoqués en sa faveur sont incertains ou susceptibles d'autres interprétations plus vraisemblables.

L'exposé qui précède, mis en regard avec la *théorie des foyers périphériques*, leur origine et leur disposition, paraît devoir s'accorder

remarquablement avec ladite thèse, et la cause des localisations dans le sens tangentiel, notamment, devient un corollaire très simple et très logique du dispositif invoqué par M. Stübel pour la répartition des foyers ignés latéraux et localisés, alimentant les volcans actuels.

L'auteur n'a certes pas songé à confirmer ni à infirmer la thèse des foyers périphériques lorsqu'il expose ses vues sur l'*hétérogénéité initiale* du magma igné terrestre, mais il suffit de lire attentivement, sans perdre de vue la notion de la genèse, de la répartition et du rôle des *foyers ignés périphériques*, les suggestives pages littéralement reproduites plus haut pour se convaincre d'un fait paraissant peu contestable, c'est que si l'*hétérogénéité initiale* du magma igné constitue un premier facteur parfaitement admissible, conformément aux vues de M. Fouqué, on peut aussi attribuer un important rôle complémentaire d'agent de distribution, de répartition, de localisation et de différenciation des produits volcaniques, au facteur représenté par les *foyers périphériques*. Ceux-ci, à ce point de vue, sont en droit de revendiquer une réelle importance dans l'évolution de certaines différenciations finales, et cette importance est bien d'accord avec l'ensemble des *faits* de répartition, de localisation et de différenciation que montrent les produits volcaniques du globe entier. Cette constatation fournirait ainsi un argument de plus en faveur du bien fondé des vues de M. Stübel.

La thèse de ce dernier se réclame particulièrement de la dernière conclusion de M. Fouqué lorsqu'il dit que les faits de détail invoqués en faveur de la thèse de différenciation sont susceptibles d'autres interprétations plus vraisemblables. Ces faits de détail peuvent, semble-t-il, rester considérés comme *réels* et *acquis* et s'expliquer aisément grâce à l'adoption de la thèse des origines et de la disposition de *foyers périphériques* ayant servi, et dont les plus supérieurs et plus récents continuent encore à servir, avec sans doute quelques autres plus anciens, de foyers localisés d'alimentation des volcans actuels.

ET V. D. BR.

P. S. — M. Fouqué, mis à même par l'auteur de la présente analyse de jeter un coup d'œil sur l'épreuve de celle-ci, ne se range guère encore parmi les partisans de la thèse Stübel, du moins telle qu'elle est actuellement présentée par son auteur. Toutefois, le savant volcanologiste accepte volontiers l'idée d'une certaine modification des magmas laccolithiques par les roches ambiantes et il reconnaît que les travaux de M. Lacroix sur les Pyrénées ont bien mis en lumière l'existence de modifications endomorphiques des granites injectés par les roches qui les entourent. Cette cause de diversité des produits éruptifs, qui se révèle ainsi sans que l'on

doive avoir recours à la théorie de la différenciation, pourrait être invoquée comme un argument à la fois favorable à la thèse de M. Fouqué et à celle de M. Stübel, du moins en ce qui concerne le rôle des magmas laccolithiques. Cette modification endomorphique des granites par les roches qui les entourent ne devrait toutefois, suivant M. Fouqué, être considérée que comme un facteur adventif s'adjoignant à celui qu'il considère comme primordial. Il n'en est pas moins vrai que la théorie de Stübel permet, sinon au même titre que les recherches et expériences de M. Fouqué, du moins d'expliquer, dans une certaine mesure, la diversité des produits éruptifs sans avoir recours à la théorie de la différenciation.

E^t V. D. BR.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

L'acide carbonique dans la houille.

M. *Leprince-Ringuet*, ingénieur des mines, vient d'ouvrir un chapitre nouveau sur les houilles. Il a démontré à la dernière réunion de l'Industrie minérale que le charbon ne dégage pas seulement du grisou, mais aussi de l'acide carbonique.

Les dégagements instantanés de CO² ne sont donc pas dus à des poches de gaz dans les failles ou les couches, mais à une véritable occlusion dans la houille.

Par une série de déductions remarquables, M. *Leprince-Ringuet* en est arrivé à classer les mines qu'il a étudiées au point de vue de l'acide carbonique que dégagent leurs houilles, comme suit :

I. *De 0 à 9 mètres cubes par tonne :*

La Grand'Combe (Grand-Baume), Saint Jean de Valérisclé ;

Tréllys (couches inférieures du puits de l'Arbousset);

Lalle, Molières, Bessèges (sauf le quartier des Maigres).

II. *De 10 à 19 mètres cubes par tonne :*

Champclauson (à la Grand'Combe et à Cessous), Rochebelle (sauf les couches X et 8)

Gagnières, Tréllys (faisceau des couches supérieures, Esteyrins);

Bessèges (quartier des Maigres), Fontanes (travaux à moins de 90 mètres du jour);

La Grand' Combe (région des feux de Ricard), Cessous (ventilateur Rouvière), Portes.

III. *De 20 à 29 mètres cubes par tonne :*

Laval (Mas-Dieu);

Tréllys (galerie Delarbre, Saint-Pierre au-dessus de l'étage 166);

Fontanes (travaux à moins de 165 mètres du jour).

IV. *De 30 à 39 mètres cubes par tonne :*

Rochebelle, couche X, Fontanes à 205 mètres du jour.

V. *De 40 mètres cubes et au-dessus par tonne :*

Tréllys, dressants, et Crouzoul (anciens feux);

Rochebelle, couche 8 (douteux), Fontanes, à 300 mètres du jour (douteux).

Ces études ouvrent un horizon nouveau, mais n'y aurait-il pas lieu d'envisager aussi

le phénomène que vient de mettre en lumière M. *Moissan*, c'est-à-dire la combustion spontanée du charbon, surtout lorsqu'il est menu, mouillé et légèrement chauffé, ce qui est le cas dans la mine.

Il ne faut pas oublier qu'il y a là de la houille en quantité considérable aux fronts de taille; qu'elle est remuée, transportée; que des lambeaux épars de combustible existent un peu partout dans les vieux travaux; qu'il y a enfin des matières carbonneuses, des schistes imprégnés de matières organiques partout.

D'après M. *Moissan*, tout cela brûle lentement, incessamment, en produisant de l'acide carbonique.

Les combustions spontanées dans les cales de navires, l'espèce d'usure des charbons longtemps exposés à l'air, tout cela est la preuve de cette combustion, c'est-à-dire d'une production d'acide carbonique que l'on n'avait pas envisagée jusqu'à présent dans son rôle à l'intérieur des mines.

Quel peut être son effet? C'est à M. *Leprince-Ringuet* que nous nous permettrons de poser cette dernière question, puisqu'il vient de la mettre pour ainsi dire à l'ordre du jour dans sa remarquable communication.

(Analyse publiée dans l'*Écho des Mines et de la Métallurgie*, 30^e année, 12 février 1903, p. 163.)

Une mine de cuivre soluble.

Le numéro du 19 mars de l'*Écho des Mines et de la Métallurgie* contient un article très intéressant sur une mine de cuivre soluble.

Cet article donne des renseignements complets sur quatre concessions de la « Copaque Copper Sulfate Company », situées près de Huatacondo, province de Taracapa, Chili.

Le gisement à exploiter dans ces concessions est formé d'une roche très friable, ce qui est très avantageux pour l'abatage, roche qui se désagrège immédiatement après son immersion dans l'eau; comme le minerai est du sulfate de cuivre, celui-ci se trouve dissous dans l'eau et peut facilement être régénéré en cristaux dont le cuivre est extrait comme cuivre métallique très pur.

« Mais ce qui rend ce gisement extrêmement intéressant, dit l'article, et probablement unique au monde, c'est que l'on est amené à admettre qu'il a été formé et qu'il continue à s'augmenter par un *phénomène physique d'ascension*, qu'il est probable que sous le dépôt du minerai existe une énorme masse de cuivre, sous forme de sulfure de cuivre, qui, sous l'influence de l'humidité et de la chaleur, se transforme peu à peu en sulfate de cuivre, que les eaux souterraines dissolvent et amènent, par ascension, dans les roches perméables des collines, où elles les déposent à l'état cristallisé. »

T. C.

Dr H. SCHARDT, professeur à Neuchâtel. — Avalanche du glacier du Rossboden (Simplon).

Lors de la réunion de Zofingue de 1901, MM. Forel et Schardt avaient déjà communiqué les résultats préliminaires de leurs recherches sur ce mémorable événement, qui a affecté la forme d'une véritable avalanche de neige, remplissant le vallon du Krummbach entre le hameau d'Ëggen et la Petite-Chapelle, cote 1 513 mètres, un peu en amont du village du Simplon. La présence de blocs nombreux de glace au milieu de la coulée de neige rendait évident que l'origine de cette catastrophe devait être

cherchée dans l'éboulement d'un glacier situé au sommet du Fletschhorn, à la cote d'environ 3 700 mètres. L'existence d'une encoche semi-circulaire sur le plus occidental des trois glaciers suspendus sur la face N. du Fletschhorn indiquait nettement le point de départ. A la surface et au milieu de la coulée de neige, il y avait d'innombrables blocs de pierre, dont plusieurs de très grand volume (jusqu'à 4 000 mètres cubes). Il y avait donc lieu de penser que ces blocs pouvaient provenir d'un éboulement de rocher ayant eu lieu simultanément avec la chute du glacier. Mais le plus grand nombre de ces blocs sont manifestement empruntés à la moraine que l'avalanche a entraînée sur son passage. Ils sont jaunis; leurs angles sont anciennement arrondis et ne portent guère de trace d'usure récente comme ceux d'un éboulement. La participation d'un éboulement de rocher à l'événement en question, aussi probable qu'elle devait paraître, a donc dû rester encore en suspens.

Depuis lors, j'ai pu examiner en détail la niche d'arrachement et m'assurer qu'à l'encoche dans le glacier correspond une entaille très nette dans le rocher sous-jacent. Les deux niches se sont agrandies notablement depuis la catastrophe. Des éboulements de rochers ont eu lieu très fréquemment pendant l'année qui vient de s'écouler; il en est tombé même pendant l'hiver. Pour cela, la participation d'un éboulement de rochers est très positivement établie. Il a été possible, en outre, de prendre de bonnes photographies de la niche d'arrachement, d'un point situé sur le Griesserengrat, à environ 2 500 mètres d'altitude, juste en face du sommet du Fletschhorn. La superposition de la brèche du glacier à une encoche de même forme dans le rocher sous-jacent est absolument évidente. La participation d'un éboulement rocheux est en outre prouvée par la poussière qui s'est répandue sur les environs après la chute. J'ai construit une grande carte à l'échelle de 1 : 3 000, en agrandissant la carte Siegfried (1 : 50 000) et en dessinant tous les détails du glacier, de ses moraines et des traces laissées par le passage de l'avalanche d'après mes nombreux croquis et photographies. Cette carte donne une image très nette de ce remarquable phénomène et permet d'en retracer la marche. Le grand intérêt scientifique de cet événement réside dans le faible volume de l'éboulement initial (environ 300 000 mètres cubes de rocher et 500 000 mètres cubes de glacier), tandis que le volume de l'avalanche gisant sur le Sengboden et remplissant le vallon de Krummbach doit avoir été non loin de 5 000 000 de mètres cubes.

L'explication de ce contraste est donnée par le fait que l'éboulement initial a entraîné sur son passage toute la neige prête à glisser, qui recouvrait le glacier et la surface avoisinante, que l'immense avalanche a littéralement balayée, en grandissant toujours plus, jusqu'au moment où elle s'est arrêtée, en reconstituant une phase antérieure du glacier du Rossboden, entourée des anciennes moraines de celui-ci. Outre la neige, l'avalanche a entraîné presque la totalité de la moraine superficielle qui cachait totalement l'extrémité inférieure du glacier du Rossboden (environ 200 000 mètres cubes). Une partie de la moraine frontale de celui-ci a également été démolie et entraînée, ce qui est prouvé entre autres par le bloc servant de repère aux mensurations des variations de longueur du glacier, lequel git aujourd'hui à côté des chalets de Seng, à près de 2 kilomètres de son gisement primitif, à l'extrémité de la langue du glacier! La plus grande partie de l'éboulement rocheux n'est cependant pas arrivée jusqu'au champ de déjection de l'avalanche, puisque les pierres fraîchement brisées, attribuables à la chute du soubassement rocheux du glacier, sont relativement peu nombreuses à côté des blocs empruntés à la moraine. Cela ressort de l'existence à la surface du glacier, dans la partie concave, peu inclinée, de la courbe qu'il décrit au pied de la cataracte, d'un vaste champ de décombres, nettement caractérisé comme nappe d'éboulement.

La marche du phénomène peut donc se reconstituer comme suit : Le rocher disloqué et pourri supportant le petit glacier du Fletschhorn s'est éboulé, entraînant dans sa chute les deux tiers du glacier. Toute cette masse s'est abattue sur le névé de concentration, peu incliné, du glacier du Rossboden (3 250 mètres environ). Les blocs de glace, grâce à leur mobilité, ont naturellement devancé l'éboulement rocheux, dont une grande partie s'est arrêtée déjà sur ce plateau (augmenté depuis lors par les éboulements subséquents qui n'ont généralement pas atteint la cataracte). L'entraînement de la neige par la coulée de glace et le rabotage des séracs de la cataracte ont donné naissance à l'avalanche initiale qui s'est abattue dans le lit du glacier au pied de la cataracte où prend naissance une courbe d'environ 60° avec l'ancienne direction. Là l'avalanche s'est divisée en deux bras : l'un suivant le lit du glacier enserré entre de hautes moraines latérales; l'autre, sans doute la partie supérieure de la coulée, a débordé par-dessus la muraille morainique latérale Nord, en projetant une gerbe de glace et de pierres sur le pâturage de Griesseren (2 300 mètres), et s'écoulant ensuite, conjointement avec une coulée de débordement plus importante, sortie du glacier plus bas, dans l'étroit couloir entre la moraine latérale N. et le rocher de Griesseren. Arrivées au Sengboden, les deux coulées se sont réunies. Celle qui a suivi le lit du glacier, la plus importante apparemment, a complètement balayé la moraine superficielle recouvrant la langue du glacier et dont les matériaux ont été littéralement délayés dans la masse de neige et de glace, de sorte que les pierres, comme les blocs de glace, ont été très régulièrement disséminées dans la masse de l'avalanche. Ce fait était nettement visible dans les tranchées de la route et sur les surfaces de cassure produites par l'effondrement des voûtes recouvrant le Krummbach.

La gerbe qui s'est abattue sur la Griesserenalp a été accompagnée d'un effet pneumatique puissant, car elle a projeté une grêle de pierres sur la Rossbodenalp (Oberstafel), dont plusieurs chalets ont été démolis. Plus loin, le vent, emportant pierres, sable, glace, etc., a touché la forêt de mélèzes près de Alte Stafel, puis a ricoché vis-à-vis sur la forêt de la moraine sous Lighien (1 728 mètres), où il a encore apporté de petites pierres. Les gros blocs enlevés à la moraine frontale surtout doivent avoir suivi de près l'avalanche, car ils gisent presque tous à la surface dans la partie amont et ont labouré le sol.

Ce phénomène est dû à la connivence de plusieurs circonstances, notamment l'époque de l'année favorable à la formation des avalanches. En été ou en automne, il aurait eu des conséquences moins graves. C'est un événement peut-être unique en son genre.

Le Service topographique suisse fait lever actuellement une carte au 1 : 40 000 de la zone parcourue par l'avalanche. On pourra probablement faire d'après ces levés des déterminations plus exactes de son volume, surtout de celui de la glace et du rocher arraché.

(Extrait des *Eclogæ geologicae Helvetiæ*, vol. VII, n° 4.)

N O T A .

L'Assemblée générale annuelle de clôture de l'exercice 1902 a eu lieu le 17 février 1903. (Pour le Compte rendu de cette séance voir le tome XVI du BULLETIN : Procès-Verbaux, pp. 680-695.)

SÉANCE MENSUELLE DU 17 MARS 1903.

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 45.

Correspondance :

MM. Mourlon et Cuvelier remercient pour leurs nominations respectives de vice-président et de délégué du Conseil de la Société.

Le *Congrès géologique international de Vienne, 1903*, a fait parvenir quelques exemplaires du programme et des excursions de la session ; ces exemplaires, en nombre restreint, sont à la disposition de ceux des membres qui désireraient prendre part au Congrès.

Le Bureau de la Société a également reçu le programme du *III^e Congrès international de Thalassothérapie*, qui se tiendra à Biarritz du 19 au 21 avril 1903.

La *Société anonyme des Charbonnages de Courcelles (Nord)* accepte d'être inscrite comme membre à perpétuité de la Société belge de Géologie. (*Remerciements.*)

M. Le Couppey de la Forest a fait parvenir une communication qui est inscrite à l'ordre du jour de la séance.

La *Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut*, qui est chargée de l'organisation du Congrès archéologique et historique de 1903, convoque la Société à une réunion destinée à l'élaboration du questionnaire du Congrès.

M. le *Secrétaire général* dépose sur le Bureau le fascicule IV, final, du tome XIII, 1899, contenant les procès-verbaux des dernières séances de ladite année. (*Adopté.*)

Dons et envois reçus :**1° De la part des auteurs :**

4006. ... *Cinquantenaire scientifique de M. Jules Gosselet : 30 novembre 1902*. Lille, 1903. Volume in-8° de 140 pages et 1 portrait.
4007. ... *Congrès international du Pétrole. Première session (Paris, 1900). Notes, mémoires et documents*. Paris, 1902. Volume in-8° de 216 pages.
4008. H. Credner. *Die vom Wiechertschen astatischen Pendel-Seismometer der Erdbeben-Station Leipzig während des Jahres 1902 registrierten Nahbeben*. Leipzig, 1903. Extrait in-8° de 21 pages et 1 carte.
4009. Louis Dollo. *Les ancêtres des Mosasauriens*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 3 pages.
4010. Christian Doppler. *Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels. Versuch einer das Bradley'sche Aberrations-Theorem als integrierenden Theil in sich schliessenden allgemeineren Theorie. (Neu herausgegeben von Dr F.-J. Studnicka.)* Prague, 1903. Brochure in-8° de 25 pages, 1 planche et 1 portrait.
4011. A. Issel. *Le Nuove Incisioni Rupestri Alpine illustrate da C. Bicknell*. Parme, 1903. Extrait in-8° de 14 pages.
4012. A. Issel. *La Geologia applicata e i suoi intenti*. Gênes, 1903. Extrait in-8° de 13 pages.
4013. J. Ladrière. *Note sur l'existence du gault et des sables verts à Pecten Asper, à Saint-Waast lez-Bavay*. Lille, 1873. Extrait in-8° de 6 pages.
4014. J. Ladrière. *Note sur le terrain dévonien de la vallée de l'Hogneau*. Lille, 1875. Extrait in-8° de 5 pages.
4015. J. Ladrière. *Étude sur les limons des environs de Bavai (suite)*. Lille, 1879. Extrait in-8° de 7 pages et 1 planche.
4016. J. Ladrière. *Étude sur les limons des environs de Bavai (suite)*. Lille, 1880. Extrait in-8° de 15 pages.
4017. J. Ladrière. *Observations sur le terrain crétacé des environs de Bavai*. Lille, 1880. Extrait in-8° de 5 pages.
4018. J. Ladrière. *Documents nouveaux pour l'étude du terrain dévonien des environs de Bavai*. Lille, 1880. Extrait in-8° de 11 pages.

4019. J. Ladrière. *Note sur les tranchées du chemin de fer d'Hénin-Liétard à Carvin*. Lille, 1880. Extrait in-8° de 7 pages.
4020. J. Ladrière. *Étude géologique sur les tranchées des chemins de fer du Quesnoy à Dour*. Lille, 1881. Extrait in-8° de 42 pages et 1 planche.
4021. J. Ladrière. *Les anciennes rivières*. Lille, 1881. Extrait in-8° de 17 pages.
4022. J. Ladrière. *Compte rendu de l'excursion de la Société géologique du Nord aux environs de Lille et considérations sur les terrains quaternaires et récents des vallées de la Lys et de la Deule*. Lille, 1883. Extrait in-8° de 18 pages.
4023. J. Ladrière. *Le terrain quaternaire de la vallée de la Deule, à Lille, comparé à celui du Nord de la France*. Lille, 1886. Extrait in-8° de 22 pages (2 exemplaires).
4024. J. Ladrière. *Note sur la découverte d'un silex taillé et d'une défense de mammouth à Vitry-en-Artois*. Lille, 1888. Extrait in-8° de 4 pages.
4025. J. Ladrière. *Les dépôts phosphatés de Montay et de Forest*. Lille, 1888. Extrait in-8° de 8 pages.
4026. J. Ladrière. *L'ancien lit de la Scarpe*. Lille, 1888. Extrait in-8° de 22 pages.
4027. J. Ladrière. *Le Givetien à Hon-Hergies lez-Bavai. Son importance, ses limites, son contact avec l'Eifelien*. Lille, 1888. Extrait in-8° de 8 pages.
4028. J. Ladrière. *Une station romaine à Montay, près du Cateau (Nord)*. Lille, 1890. Extrait in-8° de 3 pages.
4029. J. Ladrière. *Étude stratigraphique du terrain quaternaire du Nord de la France*. Lille, 1891. Extrait in-8° de 183 pages, 20 figures et 2 planches.
4030. J. Ladrière. *Essai sur la constitution géologique du terrain quaternaire des environs de Mons*. Lille, 1892. Extrait in-8° de 22 pages.
4031. Gosselet et Ladrière. *Note sur la coupe du canal d'Audruik et sur le tuf calcaire de Saint-Pierre*. Lille, 1893. Extrait in-8° de 7 pages.
4032. J. Ladrière. *Essai de géologie agricole*. Lille, 1893. Extrait in-8° de 45 pages.
4033. J. Ladrière. *Exemples de l'inégalité des charges résultant du classement actuel des propriétés et de la répartition de l'impôt foncier dans le département du Nord*. Lille, 1894. Extrait in-8° de 15 pages.
4034. J. Ladrière. *Le terrain quaternaire de la vallée de l'Eure aux environs de Chartres*. Lille, 1894. Extrait in-8° de 10 pages.

4035. J. Ladrière. *La carte agronomique de la commune de Crespin (Nord). Considérations générales sur les différentes couches de terrain que l'on rencontre à la surface du sol.* Lille, 1896. Extrait in-8° de 13 pages.
4036. J. Ladrière. *Note pour servir à l'étude du terrain quaternaire de la Somme et sur une Note de M. Mourlon, Directeur de la Carte géologique de la Belgique, annonçant la découverte d'ossements de mammoth en Condroz, dans la tranchée de la station de Sovet.* Lille, 1897. Extrait in-8° de 32 pages.
4037. J. Ladrière. *La carte agronomique de la commune d'Haspres.* Douai, 1898. Extrait in-8° de 10 pages.
4038. J. Ladrière. *Alimentation d'eau de la ville de Valenciennes. Étude géologique et hydrologique des environs de Jenlain. Rapport présenté à M. Debiève, adjoint au maire, et à la Commission des travaux, le 31 janvier 1904.* Lille, 1901. Extrait in-8° de 39 pages et 2 planches.
4039. Schulz-Briesen. *Das Deckgebirge des rheinisch-westfälischen Carbons. Geologische Skizze.* Essen, 1903. Volume in-8° de 26 pages et 4 planches.
4040. Oldham, R.-D. *On Tidal Periodicity in the Earthquakes of Assam.* Calcutta, 1902. Extrait in-8° de 15 pages.
4041. Élisée Reclus. *L'enseignement de la géographie.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 9 pages.
4042. Josef Schorn. *Die Erdbeben von Tirol und Vorarlberg.* Innsbruck, 1902. Extrait in-8° de 186 pages.

2° Extraits des publications de la Société :

4043. T. Cooreman et G. Dollfus. *Compte rendu des excursions de la Session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie dans les départements français de la Marne et de l'Aisne (du 8 au 15 août 1904).* Mémoires de 1902. 75 pages, 18 figures et 1 planche. (2 exemplaires.)
- 4044 J. Lambert. *Sur un Micraster nouveau de la craie de Maestricht.* Mémoires de 1902. 8 pages et 1 planche. (2 exemplaires.)
- 4045 Oct. van Ertborn. *Mélanges relatifs aux éléments nouveaux de la géologie de la Campine.* Procès-verbaux de 1902. 9 pages.
- 4046 Oct. van Ertborn. *Quelques mots au sujet de l'hydrologie de la côte belge.* Procès-verbaux de 1902. 5 pages.

4047. **E. Van den Broeck.** *Inauguration, à Louvain, du Musée géologique des bassins houillers belges.* Procès-verbaux de 1899. 4 pages. (2 exemplaires.)
4048. ... *Exercice 1899. Assemblée générale annuelle de clôture. Séance du 16 janvier 1900.* Procès-verbaux de 1899. 37 pages. (2 exemplaires.)
4049. ... *Discussion sur « Helicoprion » à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. (Séances des 24 novembre et 19 décembre 1899.) Notes et communications de MM. C. Van de Wiele, E. Van den Broeck, G. Simoens et A. Smith Woodward.* Procès-verbaux de 1899. 43 pages, 1 planche et 18 figures. (2 exemplaires.)
4050. **Otto Lang.** *Couches à sels potassiques. (Traduction et résumé par M. C. Klement.)* Procès-verbaux de 1899. 5 pages. (2 exemplaires.)
4051. **G. Schmitz.** *Un glissement fossile.* Procès-verbaux de 1899. 3 pages et 1 figure (2 exemplaires.)
4052. **G. Simoens.** *Sur une roche présentant des stries pseudo-glaciaires trouvée en Condroz.* Procès-verbaux de 1899. 2 pages et 1 figure. (2 exemplaires.)
4053. **E. Van den Broeck.** *Contribution à l'étude des phénomènes d'altération dont l'interprétation erronée pourrait faire croire à l'existence de stries glaciaires.* Mémoires de 1899. 12 pages et 1 planche.
4054. **C. Van de Wiele.** *Résumé du mémoire descriptif de M. A. Karpinsky sur Helicoprion, suivi d'une note intitulée : « Ce que doit signifier la spirale de Helicoprion », par M. E. Van den Broeck.* Procès-verbaux de 1899. 15 pages, 9 figures et 1 planche. (2 exemplaires.)
4055. ... *Liste générale des membres de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, arrêtée au 1^{er} janvier 1903.* Procès-verbaux de 1903. 32 pages. (2 exemplaires.)
4056. **C. Van de Wiele.** *Aperçu sur les vestiges fossiles d'Édestidés et le nouveau genre Helicoprion (A. Karpinsky).* Procès-verbaux de 1899. 4 pages et 1 figure. (2 exemplaires.)
4057. **E. Van den Broeck.** *Ce que doit signifier la spirale de Helicoprion.* Procès-verbaux de 1899. 4 pages et 1 figure. (2 exemplaires.)
4058. **A. Smith Woodward.** *Note sur l'Helicoprion et les Édestidés.* Procès-verbaux de 1899. 4 pages et 1 figure. (2 exemplaires.)
4059. **G. Simoens.** *Note sur Helicoprion Bessonowi (Karpinsky);* Procès-verbaux de 1899. 9 pages et 6 figures. (2 exemplaires.)

5° Périodiques nouveaux :

4060. MONS. *Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut.* Mémoires, 1870 à 1897; 1899 à 1901.

4061. BRUXELLES. *Société belge de Géologie, etc.* Nouveaux mémoires in-4°; 1903, fasc. I.

M. Ad. Kemna signale qu'il a constaté à la bibliothèque de la Société que plusieurs publications non périodiques sont incomplètes, les auteurs ayant omis d'envoyer la suite de leurs travaux; ce manquant se rapporte surtout à des ouvrages de grande valeur, qu'il serait très utile de posséder cependant. M. Kemna propose de faire quelques démarches auprès des auteurs pour obtenir le complément de leurs publications, si pas à titre gracieux, tout au moins à prix réduit.

Cette proposition est prise en considération.

Présentation et élection de nouveaux membres :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'assemblée :

En qualité de membres effectifs à perpétuité :

La SOCIÉTÉ ANONYME DES CHARBONNAGES DE COURCELLES-NORD, à Courcelles. (Délégué : M. Heuseux, ingénieur, directeur-gérant.)

La SOCIÉTÉ DES CHARBONNAGES DE DAHLBUSCH, à Dusseldorf.

En qualité de membres associés regnicoles :

MM. DUFIEF, JEAN, rue de la Limite, 116, à Bruxelles.

DUJARDIN, JEAN, sous-lieutenant du génie, à Anvers.

Communications :

Vu les nombreuses communications à l'ordre du jour de la séance, l'Assemblée décide de procéder d'abord à l'examen du programme et de la date de l'EXCURSION AUX INSTITUTS DE LILLE, décidée à l'occasion de la visite projetée des magnifiques installations du Musée géologique.

M. le Secrétaire général donne, à cet effet, lecture de la lettre qu'il a reçue de M. le professeur Gosselet, traçant le programme sommaire de l'excursion et proposant pour celle-ci la date du 29 mars de préférence au 5 avril. — Adopté pour le 29 mars.

M. le *Secrétaire général* fait également connaître les excursions à l'étude : 1° à Colfontaine et à Morlanwelz, sous la direction de M. J. Cornet; 2° dans la vallée de la Senne, sous la direction de MM. Cuvelier et Malaise; 3° à Couvin, sous la conduite de MM. Bayet, Gérard et Mailloux.

La parole est donnée ensuite à M. Bommer pour sa communication commentant et synthétisant le contenu de son récent travail publié dans le nouveau recueil des *Mémoires in-4°*.

M. De Schryvere, vice-président, remplace M. Stainier à la présidence et donne la parole à M. le baron van Ertborn pour son étude sur les terrains quaternaires.

QUELQUES MOTS

AU SUJET DES

TERRAINS QUATERNAIRES

PAR LE

Baron O. VAN ERTBORN

La partie de la légende de la Carte géologique comprenant les assises quaternaires ne satisfait plus personne. Il y a sur ce point, croyons-nous, accord presque général. Notre confrère et ami M. E. Van den Broeck a défini nettement la situation en ces termes (1) : Quant à vouloir utiliser pour la confection d'une carte agronomique les données *actuelles* du sol obtenues et indiquées sur la Carte géologique, c'est vouloir utiliser pour la confection d'un vêtement sérieux l'étoffe d'un habit d'arlequin.

Nous étant occupé de la question depuis plus de vingt-cinq ans, nous tâcherons d'exposer les faits, à nous connus, à la suite de longues observations, avec l'espoir de remédier à l'état de choses que nous venons d'indiquer.

Nous nous placerons donc au seul point de vue scientifique, faisant

(1) *Carte agricole de la Belgique*, Procès-verbaux des réunions consultatives, séance du 17 décembre 1900, p. 3.

abstraction absolue de toute question personnelle; si des attaques de l'espèce venaient à se produire, nous n'y répondrons pas; nous obtenons ainsi l'approbation générale, nous en avons la conviction.

Rappelons en quelques lignes les rétroactes de la question. Notre confrère M. G. Engerrand a tenté d'en faire l'historique (1), mais faute d'éléments bibliographiques suffisants, l'auteur a passé directement du *Sable campinien*, du *Limon hesbayen* et des *Silex et Cailloux* de Dumont à l'année 1885, sans parler des publications faites en 1879 et 1880 et qui ouvrent en Belgique l'ère des études sur les dépôts quaternaires. Nous tâcherons de combler cette lacune importante avec toutes preuves à l'appui.

On ne saurait rien trouver de plus vague que la Légende de Dumont. Le *Limon hesbayen* et le *Sable campinien* sont séparés par une ligne courant de l'Est à l'Ouest, et les *Silex et Cailloux* comprennent les éléments grossiers de tous les âges.

Telle était la situation lorsque, dans les derniers jours de l'année 1878, M. P. Cogels et moi, nous commençâmes le levé géologique des planchettes de Contich et d'Hoboken (2). Nous dressâmes l'échelle stratigraphique suivante :

Époque quaternaire.	CAMPINIEN SUPÉRIEUR (3).	} Sables.
	CAMPINIEN INFÉRIEUR.	
	QUATERNAIRE FLUVIATILE.	} Sables plus ou moins argileux, argiles, sables et graviers.
	QUATERNAIRE INFÉRIEUR.	
		} Argile noire tourbeuse, sables remaniés et transportés, dépôts argilo-sableux avec coquilles d'eau douce et terrestres; ossements de grands animaux éteints et fossiles remaniés; graviers et cailloux.
		} Sable argileux, coquilles marines remaniées (4), gros éléments roulés, cailloux et graviers.

Nous n'avions pas à nous occuper de l'assise hesbayenne, non représentée sur le territoire des planchettes de Contich et d'Hoboken, mais

(1) *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 13^e ann., n^o 15, pp. 712 et suivantes.

(2) P. COGELS et O. VAN ERTBORN, *Texte explicatif du levé géologique des planchettes d'Hoboken et de Contich*. Le rapport de M. de la Vallée Poussin, commissaire de la Commission de la Carte géologique, porte la date du 30 septembre 1879 et le texte fut publié en 1880.

(3) Le Campinien supérieur, sable d'émersion, paraît à première vue une division qui n'a pas sa raison d'être; nous avions à faire également la carte du sol et nous ne pouvions mettre sur la même ligne les sables arides de la Campine et la zone si fertile de la banlieue d'Anvers. Cette considération justifie cette anomalie.

(4) Nous insistons tout spécialement sur le mot *remaniées*.

ayant découvert à Courtrai la superposition du *Campinien* (*Quaternaire supérieur*) sur le *Limon hesbayen* (1) en 1879, nous avons intercalé celui-ci dans la série en 1880.

On peut lire, en effet, pages 10 et 11 du *Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Lierre* (Bruxelles, Hayez, 1880), le tableau des assises quaternaires résumées comme suit (nous plaçons en regard les dénominations actuelles) :

QUATERNAIRE SUPÉRIEUR . . . . .	|	Campinien. (Flandrien actuel.)	
	{	Limon hesbayen .	
QUATERNAIRE FLUVIATILE OU MOYEN.	{	Marais de Lierre .	} (Campinien actuel.)
	{	Dépôts fluviatiles.	
QUATERNAIRE INFÉRIEUR. . . . .	|	(<i>Moséen</i> actuel.)	

On a modifié les noms d'une manière malheureuse. Notre Campinien a pris le nom de Flandrien et le mot *Campinien* désigne à présent le Quaternaire fluvial, soit les couches avec faune de l'*El. primigenius*.

On a fait beaucoup de plaisanteries sur le malheureux Campinien, qui n'existerait pas en Campine (2). Soyons bon prince et vengeons-le de ces quolibets. Le Campinien existe réellement en Campine, nous ne dirons pas à Lierre, pour ne pas nous attirer le courroux des Lierrois en plaçant leur ville en Campine, mais ceux qui désirent capturer des mammoths n'ont qu'à fouiller la vallée de la Nèthe à Boisschot. Le Campinien de la Carte doit exister aussi, sans aucun doute, en Campine limbourgeoise sur les terrasses de la Meuse et jusqu'au fond de la vallée du fleuve.

Octroyons-lui donc le droit de cité dans la région dont il porte le nom. Le fait nous était connu depuis longtemps (3).

Déjà en 1879, nous avions reconnu le caractère marin du Quaternaire supérieur (4), et en 1881, nous avions étudié le gisement de la *Corbicula fluminalis*, à Ostende, et nous l'avions placé dans le Quaternaire fluvial (5) ou moyen.

(1) P. COGELS et O. VAN ERTBORN, *Mélanges géologiques*. Anvers, 22 janvier 1880, p. 3.

(2) M. G. Dollfus trouve le nom *détestable*. (*La Feuille des jeunes Naturalistes*, n° 386, p. 40. Décembre 1901.)

(3) A. DELLA FAILLE DE LEVERGHEM, *Le château de Terlaeken, à Boisschot*.

(4) *Bull. de la Soc. de Géographie d'Anvers* (1879), t. IV, p. 329, et *Texte explicatif du levé géologique de la planchette d'Aerschot*. Bruxelles, 1880.

(5) *Les terrains miocène, pliocène et quaternaire à Anvers*. (BULL. DE LA SOC. DE GÉOGRAPHIE D'ANVERS [1881], t. VI.)

En fait de dates et de documents, tout ce que nous venons de dire est indiscutable, et en fait de priorité scientifique, tout le monde sait que *date de publication fait loi*.

M. Cogels et moi, nous avons donc construit les cadres des quatre assises quaternaires et nous en avons même ajusté les pièces; nous les considérons encore comme répondant seuls à la réalité. Nous mettons ici en regard les deux légendes.

LÉGENDE
de Cogels et van Ertborn,
1880.

—
Campinien.
Hesbayen.
Quaternaire fluviatile.
Quaternaire inférieur.

LÉGENDE
de la Carte géologique
au 40 000^e.

—
Q4 Flandrien.
Q3 Hesbayen.
Q2 Campinien.
Q1 Moséen.

Un simple examen permet de constater que les différences sont nulles.

En 1880, la répartition dans ces cadres des diverses couches était mieux établie; depuis lors, on l'a modifiée, et il en est résulté cet *habit d'arlequin* dont parle M. Van den Broeck; cette répartition nouvelle a rendu la légende de la Carte peu intelligible: nous allons en citer un cas au sujet du niveau le plus important. Appelons d'abord l'attention sur les pages 8 et suivantes du *Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Lierre*, où nous avons traité à fond la question du gisement du squelette du mammoth, aujourd'hui au Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles. Son niveau géologique y est nettement établi.

Nous l'avions donc laissé à la base du Quaternaire fluviatile (Campinien actuel), à vif fond de la vallée de la Nèthe, dans un dépôt tourbeux, à la cote 0, et tout à fait dans son *cadre*

Quelle ne fut donc pas notre stupéfaction, en étudiant les détails de la légende officielle, de lire: Campinien Q². *El. primigenius* et *Rh. tichorinus*, etc., et de constater que le mammoth de Lierre avait disparu, emportant même son gisement (1). Nous nous sommes fait la réflexion que cependant *il gisait dans une couche tourbeuse au fond d'une vallée*

(1) Déjà à l'époque des ducs de Bourgogne, on avait trouvé beaucoup d'ossements d'éléphants à Lierre. A la fin du XVIII^e siècle, on en transporta trois chariots à Vienne. Le 28 février 1860, on trouva *trois squelettes*. Le gisement, *notre marais à Lierre*, couvre de 600 à 700 hectares. Nous avons la certitude qu'il y en a pour peupler tous les musées du monde. Il y avait au fort de Lierre un gisement avec *Rh. tichorinus*, *Bos primigenius*, etc., fossiles d'eau douce, comme on en voit rarement. (P. COGELS et O. VAN ERTBORN, *Mélanges géologiques*, p. 85.)

principale, à la cote 0. En fait de vallées principales, nous avons en Belgique *ex aequo* celles de l'Escaut et de la Meuse, et puis la vallée du Rupel, dont celle de la Nèthe est le prolongement vers Lierre, dans la direction de l'Est.

Grâce au signalement du gisement, nous sommes retombé sur sa piste et nous l'avons retrouvé sur le toit du Hesbayen. Nous lisons en effet dans la légende :

Hesbayen Q5.

Q.50. Cailloux, gravier, sable et tourbe *du fond des vallées principales*, et c'est là que nous avons retrouvé le fugitif; il avait même emporté son lit. Et tout le reste à l'avenant. N'insistons pas. Il n'y a donc rien d'étonnant que lorsque les géologues s'aventurent dans ce dédale quaternaire, ils ont l'œil à une espèce de kaléidoscope qui, en tournant, leur fait voir de tous côtés des « habits d'arlequin ».

Tâchons donc de rentrer dans une voie plus sûre.

Pour faire du bon travail en Géologie, on doit, en plaine, commencer par ne pas tourner autour de son clocher. On prend une carte du pays, on y trace deux lignes à angle droit passant par les points principaux; on dresse suivant ces lignes des coupes transversales sur lesquelles on indique les faits dûment constatés, et au bout de peu de temps la lumière apparaît.

Il y a lieu de traiter d'abord les questions d'une manière générale, de ne tenir compte des détails que lorsque les grandes lignes sont tracées. On cherchera donc à établir les grandes lignes de démarcation entre le Tertiaire et le Quaternaire, ou entre toutes autres grandes formations.

La limite entre le Tertiaire et le Quaternaire n'est pas bien difficile à tracer en Belgique.

Pendant toute la période tertiaire, nous constatons que la plus grande partie du pays était couverte par une vaste mer septentrionale, ayant apporté d'immenses dépôts marins et, lors de ses retraits, provoqué la sédimentation de quelques dépôts lagunaires.

A un moment donné, il se produisit un mouvement de bascule qui releva les couches tertiaires de près de 200 mètres dans la direction du Sud et les fit plonger probablement d'autant dans le sous-sol de la Hollande (1).

(1) En Belgique et dans le Nord de la France, par suite des dénudations, on ne trouve plus sur le sommet des collines dépassant la cote 150, que de minces lambeaux diestiens : tout le reste a disparu; sans eux, l'extension du Diestien, vers le Sud, n'aurait jamais été connue dans notre pays.

Il a été accepté jusqu'à ce jour que ce phénomène s'était produit à la fin de la période pliocène diestienne; nous croyons que ce fut bien plus tard, même bien après la phase poederlienne.

En effet, nous voyons pendant le Diestien (Pliocène inférieur) la mer se retirer progressivement vers le Nord; ses lagunes sont à Heyst-op-den-Berg, sa région dunale à Casterlé, à Moll, etc.

Le retrait vers le Nord continue et atteint Anvers, où se forme le cordon littoral scaldisien.

Le mouvement lent de relèvement dans la direction du Sud s'arrête; un affaissement se produit dans cette direction, et la mer pliocène poederlienne reprend possession de l'ancien domaine de la mer diestienne.

Il y a vingt ans que nous avons constaté que, dans les collines de Casterlé, le Poederlien marin fossilifère recouvre les anciennes dunes diestiennes, en partie arasées. En ce point, la base du Poederlien se trouve à la cote + 25 et dans la partie méridionale du plateau du Limbourg à la cote + 70.

Toute la région devait donc être à des cotes inférieures à 0 pour que des sédiments marins pussent s'y déposer.

La Meuse amena ensuite les dépôts puissants qui, dans la direction du Nord, reposent sur le Poederlien. Son embouchure fut dans les environs de Genck, où les dépôts importants de cailloux révèlent son estuaire. Ce ne fut que plus tard que débuta le mouvement lent de bascule, dont l'effet immédiat fut de rejeter la Meuse vers le Nord.

De concert avec le Rhin, elle commença le comblement de ce tonneau des Danaïdes, qui, par suite de l'affaissement lent et progressif de la région septentrionale, s'ouvrait toujours à nouveau devant elle. L'ablation des couches tertiaires dans la direction du Sud fut immense, et l'apport dans celle du Nord non moins grand. Les premiers dépôts d'origine fluviale émergés furent dénudés en grande partie en Campine, et le Poederlien, lui aussi, fut balayé sur une immense étendue. Dernier venu dans la série marine, il fut la principale victime des érosions postérieures.

On vient de voir qu'à Turnhout, le toit du Poederlien se trouve à la cote + 2; à Anvers, il est à la cote 0. Ces deux points nous permettent de calculer la direction de la charnière du plan de bascule et par là même la direction de ce plan qui lui est perpendiculaire.

Cette dernière ligne fait avec le méridien un angle de 14° dans la direction de l'Ouest. Elle est donc voisine du Nord-Nord-Ouest, qui est la direction de pente générale en Belgique.

Passons à présent à un autre ordre d'idées.

Nous avons créé l'assise du Quaternaire inférieur pour y ranger les dépôts d'Hoboken où fut découvert l'*Elephas antiquus*, les mêmes couches à Anvers-Stuyvenberg, Deurne, etc.

Nous n'y rangeons pas les sables et les argiles de la Campine, d'origine fluviale, que nous considérons comme plus anciens.

En effet, ceux-ci reposent toujours en stratification concordante sur le Poederlien; tel est leur caractère stratigraphique fondamental. Ils se trouvent toujours au-dessus du Pliocène marin le plus récent et jamais dans les érosions. Il s'ensuit que de Genck jusqu'au Nord d'Anvers, ils occupent le faite de partage des bassins actuels de la Meuse et de l'Escaut, et que ces dépôts sont toujours d'origine fluviale.

A Hoboken, à Anvers, à Hemixem, à Rupelmonde, dans la banlieue de Saint-Nicolas, sur la colline d'Adeghem, le Pliocène marin récent a été dénudé et ses fossiles font amas avec des cailloux d'origines diverses. Nous trouvons en ce point une action beaucoup plus accentuée que celle qui a amené la sédimentation paisible des sables et des argiles de la Campine.

Le Quaternaire ancien à gros éléments repose toujours sur le versant incliné au Nord; tous les autres versants lui sont donc postérieurs et sont l'œuvre d'érosions quaternaires plus récentes.

Si d'Anvers nous traçons une ligne méridienne passant par Hoboken et Hemixem, représentant le toit du Pliocène, nous atteindrons la frontière française vers la cote 200, soit donc avec une pente kilométrique d'environ 2 mètres; ce même chiffre se retrouve dans la direction du Nord, car si les argiles et les sables de la Campine sont d'âge pliocène et contemporains de l'étage amstélien, comme nous en avons la conviction, leur toit se trouve à Turnhout à la cote + 24 et celui de l'étage amstélien à Utrecht à la cote — 156, ce qui, pour 85 kilomètres, nous donne également une pente kilométrique d'environ 2 mètres dans la direction du Nord. La tangente au plateau de la Campine limbourgeoise affecte à peu près la même inclinaison. L'amplitude du mouvement de bascule est donc bien déterminée et son importance stratigraphique ne saurait être révoquée en doute.

La ligne indiquée plus haut étant tracée, tirons-en une seconde, tangente à vif fond des vallées principales; celle-ci sera voisine du niveau de la mer. La première passera au gisement de l'*El. antiquus* à Hoboken, la seconde à celui du gisement de l'*El. primigenius* à Lierre.

Tout ce qui sera compris entre ces deux lignes est de formation fluviale, sauf le limon hesbayen, d'origine fluvio-glaciaire, et sera d'âge campinien. En effet, c'est pendant l'âge du Mammouth que se produi-

sirent la grande érosion des couches tertiaires et l'ablation de la plupart d'entre elles dans la moyenne et la basse Belgique, sauf en partie dans la plaine et dans quelques vallées inférieures qui furent, bien plus tard, arasées par la mer flandrienne.

Le Campinien se trouve donc toujours dans les érosions, du haut en bas jusqu'à vif fond des vallées (1).

La ligne supérieure passant au-dessus de la grande érosion du Hainaut, vers la cote + 150, il s'ensuit que dans cette grande dépression il n'y a pas de vrai Moséen; *le fait est matériellement impossible*.

Nous n'avons pas à en fournir la preuve négative; la preuve positive incombe à ceux qui ne partageraient pas notre opinion à ce sujet. Toutefois, il nous faut une preuve paléontologique probante, non pas un débris roulé quelconque, informe, remanié, un *voyageur vertical* (2). Cette preuve paléontologique probante sera bien difficile à fournir, nous en sommes absolument convaincu. Les deux limites en hauteur et en profondeur de l'assise Q2 sont donc nettement définies dans les érosions par le toit du Pliocène en hauteur et le vif fond des vallées en profondeur.

Passons à l'*assise hesbayenne*. Nous considérons le limon hesbayen comme un dépôt fluvio-lagunaire glaciaire. Comme J. Geikie l'a déjà dit en 1884 (3), les fleuves furent barrés par le glacier du Nord, comme le fut le vieux Rhin par les dunes près de Leyde et comme le fut aussi, au commencement de notre ère, un bras méridional de l'Escaut, qui amena dans la région côtière les dépôts poldériens du littoral.

On a voulu faire intervenir plusieurs périodes glaciaires; nous n'en admettons qu'une, parce qu'une seule est possible. En effet, pour que

(1) C'est par erreur que dans la coupe de Courtrai déjà citée, nous avons classé les cailloux dans le Quaternaire inférieur. Ils représentent le Quaternaire moyen.

(2) Nous nous permettons à ce sujet de rappeler une anecdote. Feu E. Delvaux ne pardonnait pas à M. G. de Mortillet de s'évertuer à rajeunir son Mesvinien. Pour le convaincre, il lui opposa, chose curieuse, une faune dont le premier et principal élément, cité en tête de la liste au-dessous, était basé sur une détermination de M. de Mortillet (d'après la collection Lemonnier), reconnue ultérieurement inexacte.

Cette faune était constituée par le soi-disant *Elephas antiquus*, une molaire; *Elephas primigenius*, une molaire; *Rhinoceros tichorinus*, plusieurs ossements; *Cervus megaloceros*, plusieurs ossements. Il y ajouta plus tard l'*Equus caballus*, croyons-nous.

Cette prétendue molaire d'*El. antiquus*, mêlée à de nombreux vestiges de la faune campinienne, n'aurait pas eu plus de valeur paléontologique que les fossiles éocènes que l'on trouve dans les sables d'Anvers, même si la détermination avait été correcte. À l'état remanié, les fossiles n'ont que la valeur d'un vulgaire caillou. Mais M. de Mortillet, auteur de la détermination erronée, persistait avec ténacité dans ses idées. (Découverte d'une molaire d'*Elephas antiquus* par E. DELVAUX. *Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XVIII. 1891.)

(3) *Adress*, discours lu à la séance de la Société géologique d'Édimbourg, le 20 novembre 1884.

les phénomènes glaciaires puissent se produire, il faut, *a priori*, un grand massif montagneux. Les mers de glace ne peuvent se former qu'à un niveau, celui des neiges éternelles. Si l'on abaissait le niveau des Alpes, les glaciers disparaîtraient bientôt faute d'aliment. Ces faits sont généralement admis. Il y eut donc dans le Nord un immense massif montagneux, dont la chaîne scandinave, aujourd'hui *rabotée*, constitue le dernier vestige (1). Les phénomènes glaciaires sont caractérisés par les avancements et les retraits alternatifs des glaciers; ils ne se produisent plus de nos jours que sur une petite échelle, mais, à cause de la grandeur et de l'étendue du glacier septentrional, ils furent plus intenses pendant les temps quaternaires et font croire à plusieurs périodes glaciaires distinctes. Il aurait fallu pour cela que le grand massif montagneux, presque complètement arasé, *repoussât*, chose absolument invraisemblable. Si, de nos jours, on nivelait les Alpes ou l'Himalaya, nous avons la certitude qu'ils ne se relèveraient pas. On nous objectera peut-être que depuis longtemps les glaciers ont disparu dans les Vosges et qu'ils sont fort réduits en Suisse. La réponse est facile : les Vosges sont devenues trop basses, et depuis la période quaternaire les Alpes ont perdu une grande partie de leur hauteur. Rendons-leur leurs dimensions primitives et les phénomènes glaciaires reprendront avec une nouvelle intensité.

Le limon hesbayen s'est donc déposé dans un lac fluvio-lagunaire, limité au Nord par le glacier. Les retraits et les avancements alternatifs de la masse de glace ont amené probablement des assèchements, suivis d'inondations nouvelles, dont les dépôts successifs ont fait croire à plusieurs limons d'âge très différent.

Pour nous, ils datent tous de la période hesbayenne; ils se sont déposés comme un manteau sur les reliefs du sol, peu différents de ceux de nos jours. Plus tard, comme rien n'est fluide comme du limon détrem pé, une partie de ces dépôts coula sur les pentes, une autre partie, entraînée par les eaux et mêlée à des débris de végétaux, alla former le limon poldérien.

Il semble qu'on a déjà beaucoup discuté sur les limons et que souvent on a accordé beaucoup d'importance à des faits qui en sont complètement dépourvus.

(1) Les glaciers ne purent se former en Ardenne, parce que la chaîne ardennaise était déjà trop rabotée et trop basse à l'époque quaternaire. Les glaciers pourraient parfaitement se former dans les régions torrides, pourvu qu'il y eût un massif montagneux *suffisamment élevé*.

A l'assise hesbayenne appartient le limon d'origine éolienne désigné sous le nom de *Brabantien*. Grâce à feu mon concitoyen le R. P. De Deken, nous eûmes l'occasion, feu A. Briart et moi, d'avoir des détails très précis sur les phénomènes éoliens en Asie centrale. Avant d'entreprendre son grand voyage transcontinental, De Deken avait séjourné onze ans en Mandchourie; nous fûmes le voir à Scheut, et lui et ses confrères, tous vétérans de l'Asie centrale, nous dirent que des vents violents du Nord-Ouest amènent en Mandchourie d'épais nuages de poussière limoneuse, et que chaque tempête produit des dépôts de 5 à 5 centimètres d'épaisseur. Ces dépôts viennent de fort loin, et jamais personne ne put leur en indiquer le lieu d'origine : la Sibérie est si grande.

Il y a donc en Mandchourie apport considérable de sédiments, s'étendant sur des surfaces énormes. En Belgique, les dépôts limoneux d'origine éolienne sont, nous dit-on, très localisés. Il est donc probable qu'ils furent remaniés sur place, tout en conservant leur niveau géologique. On peut dès lors les comparer, comme formation, aux dunes maritimes et aux dunes terrestres de la Campine. Ces dernières acquièrent à notre frontière septentrionale une importance considérable; il suffit de se rendre à Putte, à Bergen-op-Zoom et dans les environs pour le constater. Si le dieu Éole a délégué ses Zéphyrus pour soulever le limon poussiéreux de la Hesbaye, il a opéré lui-même quand il amassa les *Puttsche-Duinen* : il fallait du souffle et il l'a prouvé.

Personne d'entre nous ne contestera que notre légende doit s'appliquer également aux contrées voisines, surtout si les gisements ne se trouvent qu'à quelques pas.

En admettant même que le limon éolien soit d'origine étrangère, son importance n'aura jamais celle de ces formidables dunes terrestres pour lesquelles personne ne songe à créer d'assise spéciale. Poser la question, c'est la résoudre, nous semble-t-il.

En admettant cette assise éolienne, pour être conséquent, il faudra libeller entre autres l'échelle stratigraphique de l'étage diestien comme suit :

D3 Assise des sables d'Anvers à *Isocardia cor* d'Anvers ÉQUIVALENTE de l'assise *D5* des sables dunaux de Casterlé-Moll.

D2 Assise lagunaire de Heyst-op-den-Berg.

D1 Assise des sables de Diest à *Terebratula grandis*.

Posée ainsi, la question se réduit à un *délayage* de la légende de la Carte. Celle-ci est déjà assez compliquée pour que tous les efforts tendent à la simplifier.

Enfin, le Brabantien est aussi rare en Brabant que le Campinien l'est en Campine. La dénomination n'est donc pas heureuse; on doit éviter les qualifications géographiques lorsqu'elles manquent de raison d'être. Conservons donc le limon éolien comme un facies et n'en faisons pas une assise.

Nous dirons aussi que l'opinion qui fait des couches à gros éléments le toit et non la base des assises nous paraît absolument inadmissible. Il en résulterait que la surface du sol en Belgique devrait être couverte d'une couche de cailloux et ressembler à la plaine de la Crau (1). Tel n'est pas le cas, tout le monde peut le constater (2).

Nous avons combattu le Moséen quaternaire marin, parce que nous le considérons comme pliocène et fluviatile; cette origine ne saurait être contestée, malgré les quelques débris de fossiles marins qu'il contient et qui sont certainement remaniés. Nous avons déjà dit à plusieurs reprises que dans les collines de Lichtaert-Casterlé, les sables de Moll sont recouverts par le Poederlien pliocène fossilifère; nous n'y revenons plus.

Inutile d'ajouter que nous n'avons été guidé que par l'intérêt purement scientifique, toute question personnelle devant céder le pas aux progrès de la science, qui priment tout. Si nous nous sommes trompé, nous nous ferons un devoir de le reconnaître. Quoique l'archéologie paléontologique ne rentre pas dans le cadre de nos études, nous rappellerons une observation que nous avons eu l'occasion de faire, c'est celle qui se rapporte aux bois de cervidés, trouvés dans les argiles de la Campine. Incisés à l'état frais par la main de l'homme, ils se sont silicifiés depuis; ils gisaient en un point situé sur le faite actuel de partage des bassins de la Meuse et de l'Escaut. Ils formaient amas et n'étaient donc pas remaniés; des 4 mètres d'argile avec strates de bois flotté, non dérangées, n'ont pu être amenés au-dessus d'eux par les inondations poldériennes de la Meuse que si le relief actuel du sol

(1) Horizon immense (25 km. de long sur 15 de large) de cailloux et de galets dans les environs d'Arles (France).

(2) Rappelons ici, au sujet des cailloux, que les couches à gros éléments, bases des assises marines, constituent des niveaux stratigraphiques de premier ordre; ces mêmes éléments dans les dépôts d'origine fluviatile n'ont qu'une importance absolument secondaire, parfois même nulle; ne voyons-nous pas, pendant les hivers rigoureux, les cailloux adhérer aux glaçons et parcourir ainsi de longs trajets? Les glaçons finissent par échouer sur les hauts-fonds et les cailloux s'éparpillent au dégel. En ces points, ils ne prouvent qu'une chose: c'est qu'à la suite des gelées, la rivière a charrié des glaçons.

n'existait pas, sinon les eaux se seraient trouvées en surplomb de la vallée de la Nèthe et s'y seraient précipitées comme un torrent.

Cette découverte paraît à première vue comme le jalon initial du Paléolithique en Belgique. Nous nous abstiendrons d'en tirer la moindre conclusion, car nous considérons comme dangereux d'accorder aux vestiges de l'homme une importance stratigraphique trop grande.

Nous avons exposé nettement nos idées, croyons-nous, au sujet des dépôts quaternaires de la Belgique; au point de vue historique, nous avons exhumé quelques faits de la poussière des bibliothèques, où ils gisaient oubliés depuis près d'un quart de siècle.

Quant aux dénominations, celle de Moséen désigne nettement l'origine des sédiments, mais il faut la compléter en y ajoutant le nom de Amstelo, pour indiquer que les dépôts sont contemporains de l'étage marin amstélien, reconnu dans le sous-sol des Pays-Bas.

Dumont avait confondu en Campine deux sables d'âge différent : le Moséen et le Flandrien. Il fallait, en 1879, choisir, et nous avons appliqué le nom de *Campinien* au plus récent, tout particulièrement représenté dans la province d'Anvers et le pays de Waes, régions de nos levés. Le Campinien de la légende actuelle de la Carte au 40 000^e ne désigne aucun des deux sables campinois de Dumont. A ce point de vue, le choix fut malheureux; pour le réhabiliter un peu, nous venons de lui tendre la perche.

Nous nous sommes demandé quels pouvaient être les motifs qui ont été cause qu'on ait démarqué notre Campinien quaternaire supérieur marin, si bien et si souvent décrit depuis plus de vingt ans.

Enfin, pour qu'on ne puisse pas nous accuser de vaine gloriole, nous ajouterons que l'interprétation des dépôts quaternaires n'était pas aussi difficile qu'on a paru le croire. Bien loin de là : on se croyait devant les hiéroglyphes qui décorent les monuments de Thèbes et l'on a voulu interpréter chaque signe séparément.

Il fallait faire une étude générale et ne pas se perdre dans les détails.

Finissons en rendant un hommage mérité au coup d'œil perspicace de notre ami et ancien collaborateur *P. Cogels*, l'auteur principal de cette subdivision du Quaternaire belge en quatre assises. Basée sur des fondements solides, elle doit encore nous servir de guide. A tout seigneur, tout honneur.

P. S. — Toute légende nouvelle devra être simplifiée dans ses détails. Elle sera d'autant plus compréhensible pour ses lecteurs. Le *Moderne*, dans la légende de la Carte géologique de Belgique, comprend actuelle-

ment une vingtaine de subdivisions. C'est absolument trop. Comment identifier à 100 kilomètres de distance des couches souvent fort réduites et dépourvues de faunes?

Il est urgent qu'un texte explicatif, tout au moins sommaire, soit publié avec les cartes du service, afin que chacun puisse se mettre au courant, se familiariser avec la Géologie, et de cette manière on travaillera à la vulgarisation de la Science. Les signes algébriques actuels font peur. Si l'on fait une nouvelle édition de la Carte, les feuilles d'une seule venue pourraient être à l'échelle du 80,000^e; les feuilles les plus intéressantes, celles des environs de Bruxelles, par exemple, devraient être au 20,000^e, avec un bon texte explicatif sommaire et bien clair. On devrait abandonner l'idée malheureuse de figurer des prairies (alluvions) le long des cours d'eau. Dans le polder d'Austruweel (Anvers), où, en beaucoup de points, le sable poederlien n'est pas à 1 mètre sous le sol, on le figure par des signes, et dans le Nord de la province par des teintes plates, et cela dans une zone où il est à 60 mètres de profondeur.

B^{on} O. v. E.

M. *Van den Broeck* rappelle que, l'année dernière, il a été décidé de discuter à la Société la question du Quaternaire, et il se félicite de constater qu'une telle étude soit enfin abordée. La légende officielle, malgré et peut-être à cause des efforts individuels de chacun des membres du Conseil de direction de la Carte pour l'améliorer et la modifier, est restée peu homogène, peu justifiée dans certaines de ses parties, et d'application souvent très difficile. Elle conduit fréquemment à des erreurs. Avec MM. *Rutot* et *van Ertborn*, il estime que cette légende est à refaire. Il signale à ce propos l'exposé, sur le Quaternaire du Nord de la France, de M. *Gosselet*, qui vient de paraître (*Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines*, fasc. IV, *Terrains quaternaires*), et dans lequel l'auteur s'est abstenu, en présence des difficultés d'assimilation avec les termes de la légende officielle du Quaternaire belge, d'entreprendre des études de corrélation avec la Belgique.

Il exprime donc l'espoir que de la discussion entreprise jaillira la lumière, qui permettra enfin de résoudre le problème.

M. *Ed. Rahir*, en l'absence de l'auteur, résume ensuite brièvement le travail ci-après de M. *Le Couppey de la Forest*.

CHOIX

DE

L'EMPLACEMENT DES CIMETIÈRES

EXEMPLE DES SERVICES QUE PEUVENT RENDRE LA GÉOLOGIE ET L'HYDROLOGIE

(Commune d'Asquins, Yonne)

PAR

M. MAX LE COUPPEY DE LA FOREST

Parmi les considérations qui doivent guider les communes dans la détermination de l'emplacement de leur cimetière, celles tirées de la Géologie sont à envisager en premier lieu. Dès 1889, MM. Rutot et Van den Broeck ont fait remarquer ici même le rôle si important que doit jouer la Géologie dans la question des cimetières (1).

Mais une autre science, intimement liée à la Géologie, l'Hydrologie, est appelée quelquefois à rendre des services. Il peut être utile, dans certains cas, d'avoir recours aux méthodes d'investigation que l'on est accoutumé depuis quelque temps à utiliser en hydrologie et dont la ville de Paris a tellement généralisé l'emploi : nous voulons parler de l'étude des eaux souterraines et des expériences sur leur propagation.

Ayant été consulté dernièrement par une petite commune du département de l'Yonne, la commune d'Asquins, sur le choix de l'emplacement de son cimetière, nous avons eu l'occasion d'appliquer ces méthodes. M. Van den Broeck, notre aimable et distingué Secrétaire général, a bien voulu accepter, pour le *Bulletin* de la Société, le récit des travaux que nous avons été amené à effectuer en cette circonstance; nous avons par suite l'honneur d'en rendre compte ci-dessous.

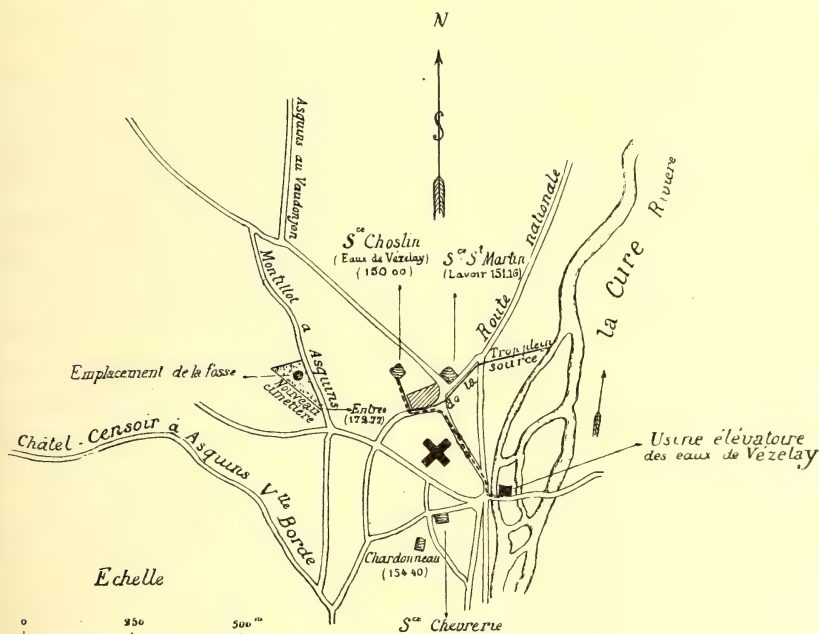
La commune d'Asquins désirait désaffecter son cimetière, établi autour de l'église du village, et le transférer en un autre emplacement. Parmi les terrains qui auraient pu convenir, tant au point de vue de leur situation par rapport aux vents dominants, qu'en vertu de la nature

(1) Voir *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, t. III, 1889, *Pr.-Verb.*, pp. 67-73.

de leur sol, un certain champ, dit *champ de la Louise*, avait réuni la majorité des suffrages de la municipalité.

Mais il s'éleva un conflit. La ville de Vézelay, distante d'environ 5 kilomètres d'Asquins, tire son alimentation en eau potable d'une source dite « source Choslin », qui est située sur le territoire d'Asquins, à 225 mètres seulement du champ de la Louise et en contre-bas de ce dernier. Elle s'opposa énergiquement au transfert du cimetière d'Asquins au lieu choisi. Elle prétendit, non sans quelque apparence de raison, que l'installation du cimetière en ce point pourrait faire courir des risques de contamination à la source d'où elle tirait son alimentation.

Le Comité d'hygiène publique et de salubrité de l'arrondissement d'Avallon fut saisi de la question. Il déclara ne pouvoir donner son assentiment au projet de nouvel établissement du cimetière que dans le cas où des études montreraient que cet établissement ne pourrait porter aucun préjudice à la source captée par Vézelay.



Commune d'Asquins

M. le Maire d'Asquins voulut bien nous charger de faire les études réclamées par le Comité d'hygiène. Nous nous rendîmes en conséquence sur les lieux pour juger des travaux auxquels il pourrait y avoir lieu de procéder.

L'emplacement choisi comme nouveau cimetière, appelé communément champ de la Louise, se trouve sur le coteau de droite d'une vallée sèche qui descend du massif boisé des Fouteaux et des champs Gringaut et qui débouche, à Asquins, dans la vallée de la Cure.

Il est en pente douce, son entrée est à la cote 172.77. La source Choslin, située 225 mètres en aval, au milieu du thalweg de la même vallée, est à la cote 150.00. Une autre source, dite source Saint-Martin, émerge à peu de distance de la précédente, dans le thalweg de la même vallée sèche, mais vers le pied du coteau de gauche. Elle est à la cote 151.16 et se borne à alimenter un lavoir communal.

Le haut des plateaux et la partie supérieure de la vallée sont constitués par des calcaires oolithiques perméables, appartenant au Bathonien moyen. Sous cette formation se rencontrent, affleurant à mi-coteau et au-dessus du champ de la Louise, des calcaires marneux, blanc jaunâtre, du Bathonien inférieur. Ces calcaires marneux sont recouverts, tant dans le fond de la vallée que sur les premières pentes des coteaux, par une épaisse couche d'alluvions modernes.

Il résulte de cette disposition des assises que le champ de la Louise semblait présenter d'excellentes conditions pour l'installation d'un cimetière. Son sol était, en effet, formé par 2 mètres de terre franche et perméable (alluvions modernes), où l'action biologique devait s'exercer avec facilité et qui devaient assurer l'assainissement du cimetière.

Mais il était à craindre que les eaux qui pouvaient circuler dans cette couche perméable d'alluvions ne fussent drainées vers la source Choslin, captée par Vézelay, et il s'agissait de savoir dans ce cas quelle pouvait être la valeur épuratrice de ces alluvions. Désireux de nous fixer sur ces deux points, nous demandâmes à M. le Maire d'Asquins de tout préparer pour procéder à une fouille et à une expérience à la fluorescéine.

L'ouverture de la fouille ne présentait aucune difficulté. Il importait uniquement de la descendre à la profondeur à laquelle seraient ensevelis les corps, soit 2 mètres.

Il en était autrement pour la préparation et l'exécution de l'expérience à la fluorescéine. Il fallait déverser de la matière colorante dans la fouille et créer dans cette dernière un courant d'eau continu pour entraîner la fluorescéine et lui permettre de ressortir soit à la source Choslin, soit à la source Saint-Martin, soit en tout autre point. Or, les pluies avaient été très en retard cette année et les terres étaient encore très sèches lors de notre visite à Asquins (7 mai 1902). Il devenait par suite indispensable de déverser de grandes quantités d'eau dans la

•

fouille, afin d'imprégner les terrains avoisinants et d'arriver à créer un écoulement pour l'eau. Il n'existait aucun ruisseau en amont du champ de la Louise. Il fallait donc aller chercher l'eau nécessaire par charroi dans le fond de la vallée, c'est-à-dire à 225 mètres en ligne droite, mais à plus de 1 kilomètre en réalité, étant donné les mauvais chemins qui accédaient au champ.

Ceci fait, il fallait répandre l'eau dans la fouille d'une façon continue pendant plusieurs heures avant le jet de la matière colorante. Pour peu que l'opération durât quatre heures et que l'on voulût déverser dans la fouille un débit de 5 litres à la seconde, il fallait disposer d'une provision d'environ 40 mètres cubes aux alentours de la fouille.

Ces conditions n'étaient pas faciles à réaliser. Toutefois, après avoir conféré avec M. le Maire d'Asquins, nous arrêtàmes les dispositions suivantes, qui répondaient aux ressources locales.

On rassemblerait, à l'entrée du champ de la Louise, tous les récipients (tonneaux, futailles) que l'on pourrait trouver dans le pays; on les remplirait d'eau, afin de constituer une réserve suffisante et l'on rejeterait cette eau dans la fouille, d'une façon continue, au moyen de la pompe à incendie de la commune.

Les seuls récipients disponibles étaient des tines à vendange, ou petites futailles ouvertes d'un côté, qui, dans ces pays de vignobles, servent à transporter les raisins vendangés depuis la vigne jusqu'au pressoir. Ces tines contiennent environ 90 litres. Il en aurait fallu par suite plus de 400 pour faire les 35 à 40 mètres cubes d'eau demandés. Or, à Asquins, on ne put guère en trouver que 200. Il fallut alors organiser un service de va-et-vient pour remplir les tines au fur et à mesure qu'elles seraient vidées.

Malgré toutes les difficultés, tant d'organisation que de surveillance, que devait présenter une pareille entreprise, l'opération put se passer sans le moindre à-coup, grâce à l'aide si intelligente de MM. le Maire et l'Adjoint d'Asquins et au concours très dévoué de toute la population. Nous sommes heureux de constater ici cette parfaite entente, car il est peu de communes où nous aurions rencontré le même dévouement chez la municipalité et chez la population, si intéressées fussent-elles au résultat de l'expérience.

Ces différentes mesures prises, nous procédâmes, le vendredi 16 mai 1902, à 9 heures du matin, à notre expérience, en présence de MM. les Maires d'Asquins et de Vézelay et du Vice-Président du Conseil d'hygiène d'Avallon, M. Degoix, Conseiller général, ainsi que de plusieurs autres notabilités.

La fouille avait 2^m,40 de profondeur, soit 2 mètres dans les alluvions, 0^m,40 dans le Bathonien inférieur, ce dernier représenté ici par une roche dure et d'aspect imperméable, mais divisée en petits bancs.

Nous fîmes alors déverser dans la fosse, au moyen de la pompe à incendie, manœuvrée par huit hommes, de l'eau jusqu'à atteindre 0^m,40 de hauteur, c'est-à-dire jusqu'à l'affleurement inférieur des alluvions. Après quinze minutes d'attente, le plan d'eau n'avait pas sensiblement baissé, ce qui prouve que les calcaires marneux du Bathonien inférieur sont sensiblement imperméables en ce point.

Cette constatation faite, nous fîmes pomper de l'eau d'une façon ininterrompue dans la fouille pendant quatre heures. Au bout de ce temps, on avait déversé dans cette dernière 383 tines à vendange ou 54^m3,5, ce qui correspondait à un débit moyen de 2^l,5 à la seconde.

Pendant ces quatre heures, l'eau ne s'était pas absorbée d'une façon régulière dans la fouille. Au début, elle s'était infiltrée avec grande facilité. Puis, les terrains environnants s'étant peu à peu saturés, elle ne s'absorba plus en totalité pendant les deux dernières heures. Son niveau monta dans la fouille progressivement et régulièrement de 0^m,01 par minute.

De ces données, on peut déduire quelle était la puissance d'absorption du terrain à partir de l'instant où il fut saturé.

La fosse avait, en effet, 1^m,50 de large et 2 mètres de long. La hauteur de l'eau s'y élevant de 0^m,01 par minute, le volume de l'eau s'y accroissait par seconde de

$$\frac{2 \times 1.5 \times 0.01}{60} = 0^{\text{lit}},5.$$

Or, pendant le même temps, on déversait 2^l,5 dans la fosse. Celle-ci absorbait donc 2 litres sur les 2^l,5 qu'on lui fournissait, c'est-à-dire les $\frac{4}{5}$.

Ceci nous prouve l'extrême perméabilité de ces alluvions modernes, qui seules constituaient la partie absorbante de la fosse.

Après avoir ainsi fait déverser pendant quatre heures de l'eau dans la fouille, nous y jetâmes, à 1 h. 40 du soir, 1 kilogramme de fluorescéine.

A partir de ce moment, la manœuvre de la pompe continua, il est vrai, mais fut considérablement ralentie. Les terrains étaient en effet saturés d'eau : il suffisait de verser dans la fouille de faibles quantités d'eau pour que l'écoulement créé persistât.

En une heure trois quarts de temps, on se borna à pomper 70 tines à vendange, soit 6 mètres cubes, ce qui correspondait à un débit moyen de 0^l,5 par seconde.

La fluorescéine apparut à 3 h. 10 du soir à la source Choslin, qu'elle colora d'un vert intense, ainsi que tout le ruisseau issu de cette source.

La matière colorante n'avait mis que une heure trente-cinq pour parcourir les 225 mètres qui séparent le champ de la Louise de la source Choslin. Elle avait marché avec une vitesse de 150 mètres à l'heure, la pente générale étant de 9.2 %.

Ce chiffre de 150 mètres est très élevé, étant donné qu'à l'endroit de la fouille le calcaire est imperméable, que c'est dans les *alluvions* et non dans le *calcaire* que l'eau a dû circuler et qu'on ne trouve jamais pour la circulation de l'eau dans les alluvions de vitesse analogue.

Il est si élevé qu'il est permis de se demander si, à quelque distance de la fouille, il n'existe par des fissures importantes dans le calcaire ayant drainé l'eau et ayant déterminé la vitesse de propagation de la fluorescéine.

L'expérience ci-dessus n'a pu fixer ce point. Mais, étant donné que le but qu'elle se proposait était de montrer si l'eau d'infiltration baignant les corps ensevelis dans le cimetière pouvait rejoindre la source Choslin et qu'elle a prouvé qu'en effet cette eau gagnerait la source avec une grande vitesse, la question de savoir si le calcaire est ou non fissuré au voisinage de la fouille, si elle présente un certain intérêt au point de vue scientifique, n'en offre qu'un bien moindre au point de vue pratique. D'ailleurs même si ces fissures existent, il n'en reste pas moins acquis que l'eau a dû traverser les alluvions avec une certaine vitesse pour rejoindre ces fissures et que, par suite, les alluvions sont très perméables.

Conclusions :

L'expérience et les recherches précédentes ont montré :

1° Que les alluvions modernes dans lesquelles les fosses du cimetière seraient creusées sont très perméables;

2° Que les eaux de pluie ou de ruissellement qui s'infiltreraient dans le cimetière et baigneraient les corps iraient ressortir à la source Choslin;

3° Qu'en saison humide, c'est-à-dire lorsque les terrains seraient saturés, ces eaux réapparaîtraient à la source Choslin avec une vitesse de 150 mètres à l'heure, exclusive de toute idée d'auto-épuration.

Dans ces conditions et sans faire de recherches plus approfondies, telles que des expériences d'ensemencement à l'aide de la levure de bière, nous avons cru pouvoir nous élever catégoriquement contre le

transfert du cimetière d'Asquins au champ de la Louise, en raison des contaminations éventuelles de la source Choslin.

Nous devons ajouter qu'à la suite de cette expérience, la municipalité d'Asquins a renoncé au transfert de son cimetière.

A la suite de cette intéressante communication, une courte discussion s'ouvre sur le point de savoir s'il est réellement possible que la vitesse de translation indiquée par l'expérience de M. Le Couppey puisse être attribuée aux seules alluvions séparant la fouille de la source.

Plusieurs membres pensent, comme M. Le Couppey, que si le calcaire bathonien s'est montré imperméable à l'endroit de la fouille, cela n'implique nullement qu'il en soit de même partout en aval, soit dans la direction de la source.

Il est vraisemblable que l'énorme vitesse obtenue de 150 mètres à l'heure n'est nullement due à un simple phénomène de propagation dans la masse des alluvions terreuses, mais qu'elle aura été obtenue grâce à des fentes ou cassures du calcaire qui, ayant absorbé localement les eaux, les auront fait disparaître sous les alluvions et circuler en canaux localisés dans la direction de la source, où d'autres cassures les auront fait réapparaître.

M. le *Secrétaire général*, qui partage cette manière de voir, ajoute qu'il serait fort intéressant d'appliquer expérimentalement les procédés de M. Marboutin, déterminant les allures, en terrains fissurés, de ses courbes isochronochromatiques, aux réservoirs aquifères en terrains sableux, limoneux et alluviaux, afin de déterminer dans de tels dépôts les coefficients de vitesse d'écoulement des eaux et les causes de variation et d'irrégularité de propagation souterraine.

La séance est levée à 10 h. 35.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 17 MARS 1903

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

M. LERICHE. — Unité du bassin franco-belge pendant l'Ypresien.

L'opinion émise, dès 1855, par Hébert, qu'une communication directe avait pu exister entre les bassins parisien et belge s'est trouvée absolument confirmée. Successivement E. de Beaumont, d'Archiac et Gosselet ont retrouvé dans les dépôts quaternaires de divers points des hautes vallées de la Somme, de l'Escaut, de l'Oise et de la Sambre, des grès à *Nummulites laevigata*, se présentant sous l'aspect et avec les caractères de vestiges, souvent à contours subanguleux, d'un démantèlement opéré sur place, ou du moins excluant l'idée d'un transport à grande distance.

Un progrès important dans nos connaissances sur la répartition des terres et des mers d'un âge un peu antérieur vient d'être obtenu par M. Leriche, qui, dans une Note (1) publiée dans le numéro du 26 janvier 1903 des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, après avoir rappelé les circonstances ci-dessus indiquées, nous fait connaître que la même communication devait exister dès l'Éocène inférieur. M. Leriche a, en effet, découvert un gisement de grès à *Nummulites elegans*, accompagnée de sa forme microsphérique *Nummulites planulata* et d'*Alveolina oblonga*, dans un point situé à mi-distance entre les dépôts ypresiens les plus septentrionaux du bassin de Paris et les dépôts correspondants les plus méridionaux du bassin de Belgique. C'est le gisement du Bois-Mirand, à Piémont (Aisne), à proximité du prolongement de l'axe de l'Artois, qui lui a fourni ces intéressants fossiles caractéristiques, lesquels d'ailleurs s'y montraient accompagnés,

(1) MAURICE LERICHE, *Sur l'existence d'une communication directe entre les bassins parisien et belge à l'époque ypresienne.*

en grande abondance, de grès du type nummulitique lutécien, ou à *Nummulites laevigata*. Ainsi se trouve démontrée la continuité de communication des deux parties du bassin franco-belge pendant l'Éocène inférieur et moyen (1).

E^t V. D. B.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

EDMOND LEPLAE. — La Carte agronomique de Belgique.

A l'Exposition universelle de Paris 1900, les cartes agronomiques étaient nombreuses. La France surtout avait rassemblé un grand nombre de cartes communales; l'Allemagne, l'Algérie, le Grand-Duché de Luxembourg, le Japon, les États-Unis avaient envoyé soit des extraits de leurs cartes, soit des brochures explicatives. Le jury de la Classe d'agronomie s'intéressa tout spécialement aux travaux relatifs à ces cartes agricoles, car leur confection est actuellement à l'ordre du jour dans tous les milieux techniques.

En Belgique aussi, la publication d'une carte agronomique est projetée. Depuis dix ans au moins, une commission spéciale s'occupe de la question; un grand nombre d'analyses ont été exécutées, et l'on commence à se mettre d'accord sur les grandes lignes du travail.

C'est que l'œuvre à entreprendre est difficile, très longue et très considérable : pour arriver à un résultat sérieux, digne du Département de l'Agriculture et des sommes à dépenser, il faut que le travail se fasse avec la plus grande réflexion, les facteurs dont il faut tenir compte exigeant des procédés expérimentaux très différents et dont la plupart sont encore à étudier.

Disons d'abord ce qu'est une carte agronomique. C'est une carte très détaillée indiquant les « qualités agricoles » des terres cultivées. Elle doit notamment donner des indications quant aux traitements spéciaux et surtout aux fumures et amendements à appliquer dans chaque espèce de terrain.

Ces renseignements devraient pouvoir être donnés pour chaque pièce de terre, mais comme une semblable extension est pratiquement impossible, on se contente de donner les indications par groupe de terres presque identiques. Ainsi, dans une commune, il est ordinairement facile de délimiter des zones plus ou moins étendues dont les terres se ressemblent très fort au point de vue des caractères physiques et chimiques; ces zones correspondent ordinairement aux divisions géologiques.

Les études entreprises dans ce sens ont donné les plus beaux résultats, et, à cet égard, nous tenons à citer tout particulièrement les cartes agronomiques du Grand-Duché de Luxembourg, qui ont été fort pratiquement conçues et rendent certainement de grands services à l'agriculture.

En Belgique, d'assez fortes divergences d'opinion se sont produites lorsqu'on a commencé l'étude de la carte agronomique : deux camps se dessinèrent. L'un, le parti

(1) Au moment de l'impression de ces lignes, nous apprenons que M. Leriche vient d'étendre encore et de multiplier ses points d'observation relatifs à cette continuité sédimentaire marine entre les deux régions, pendant l'Éocène inférieur ypresien.

des « géologues », voulait publier une espèce d'édition spéciale de la Carte géologique, édition basée surtout, si pas exclusivement, sur les travaux du Service géologique. L'autre groupe était le clan des « agronomes » : il soutenait, avec raison, que la carte agronomique, entendue selon les idées des « géologues », n'aurait absolument aucune utilité pratique : elle n'eût été agricole que de nom.

À l'heure actuelle, l'accord s'est fait sur ce point capital : la carte sera avant tout agricole, la Carte géologique constituant pour ainsi dire une étude « préliminaire », qui aura fixé approximativement les limites des divers terrains, mais ces terrains eux-mêmes seront étudiés par des procédés spéciaux, leurs frontières seront étendues ou resserrées d'après des observations techniques purement agricoles.

Une autre question très débattue était la suivante : Par quels procédés va-t-on déterminer la valeur agricole d'un terrain et, notamment, la nature des substances fertilisantes dont il a besoin : azote, acide phosphorique, potasse ou chaux ?

Ici les agronomes eux-mêmes étaient divisés. Les uns préconisaient l'analyse chimique, d'autres l'analyse physiologique; la plupart opinaient pour l'application de ces deux modes d'analyse à chacun des échantillons. L'analyse physiologique ou analyse par la plante peut se faire de deux façons : en pots ou vases de végétation et en plein champ; les deux méthodes ont leurs partisans et aussi leurs détracteurs.

On se trouve donc en présence de trois méthodes permettant d'étudier le sol : l'analyse chimique, les cultures en pots et les champs d'expériences.

L'analyse chimique donne des résultats très exacts, mais pas assez explicites : elle nous permet bien de déterminer combien une terre renferme de potasse, par exemple, mais cela ne nous dit pas quelle proportion de cet élément pourra être utilisée par les plantes. On constate à cet égard les faits les plus extraordinaires. Citons une expérience devenue classique. Les analyses de sables campinois n'accusaient qu'une faible teneur en potasse; or, ces sables produisaient en abondance d'excellentes pommes de terre, qui exigent, au contraire, beaucoup de potasse. Les agronomes étaient perplexes, lorsque M. Proost proposa de traiter la terre à analyser par un dissolvant plus énergique : aussitôt l'analyse accusa des teneurs très élevées en potasse restée cachée jusque-là; les pommes de terre utilisaient donc des matières que les anciennes méthodes d'analyse ne décelaient pas.

Malgré toute la perfection de nos méthodes analytiques modernes, l'accord entre l'analyse chimique et les résultats culturaux n'est pas encore parfait, car les plantes ont une puissance assimilatoire qui n'est pas proportionnelle au pouvoir dissolvant des acides employés dans les recherches de laboratoire. De plus, cette puissance d'assimilation varie ses effets d'après quantité de facteurs jusqu'ici très peu connus.

On a donc cherché un autre procédé, capable de nous renseigner sur la valeur du sol au point de vue de la culture. De là, les cultures en pots et les champs d'expériences.

Dans la méthode des cultures en pots, la terre à étudier est mise dans des vases; on y sème diverses plantes avec diverses fumures. En combinant convenablement les éléments fertilisants, on arrive à conclure que tel sol manque, par exemple, de chaux; que dans tel autre sol, il faut surtout ajouter de l'acide phosphorique, etc.

Ce système a le grand avantage de faire parler la plante elle-même; aussi jouit-il d'une grande vogue dans toutes les stations expérimentales modernes.

Il n'est cependant pas exempt de défauts : on lui objecte avec raison que les plantes cultivées en pots sont placées dans des conditions différentes de celles qu'elles rencontreront en plein champ et que donc les résultats obtenus en pots peuvent fort bien différer de ceux qu'on obtiendra en pratique culturale ordinaire.

Les champs d'expériences à l'air libre échappent à ce reproche; par contre, ils sou-

lèvent une autre difficulté : les influences qui agissent sur les cultures en plein champ sont des plus complexes, et il devient difficile de distinguer si tel résultat est dû aux constituants du sol, ou bien à l'une ou l'autre circonstance météorique.

En résumé, aucune des trois méthodes d'analyse n'est à l'abri de reproches, mais chacune d'elles n'en fournit pas moins des indications précieuses.

La solution à laquelle le Département de l'Agriculture s'arrêtera probablement sera l'emploi combiné de toutes les sources de renseignements : géologues, agronomes et météorologistes; analyses chimiques, cultures en pots et cultures en plein champ.

De cette manière, on aura recueilli toutes les données que l'état actuel de la science permet d'obtenir. Seulement... cette étude prendra beaucoup de temps et coûtera assez cher. Il faudra donc plusieurs années avant que la Belgique ne soit dotée de sa carte agronomique.

Le résultat que l'on se propose d'atteindre vaut, du reste, amplement la dépense de travail qu'il nécessitera. La connaissance du terrain agricole est jusqu'ici dans l'enfance : on l'a étudié à fond aux points de vue chimique et minéralogique, mais on le connaît très peu au point de vue agronomique. Les fumures et les divers amendements sont appliqués grossièrement, sans mode d'appréciation suffisant. L'agriculture retirera un profit considérable d'études approfondies sur un facteur aussi important, et le profit ne sera dans aucun pays plus sensible qu'en Belgique, car on ne consacre nulle part autant de travail et de capital à la culture du sol qu'on ne le fait sur notre territoire.

Au reste, en cette question des cartes agronomiques, la Belgique s'est laissée devancer, il est vrai, par les pays voisins, mais, par contre, elle atteindra presque sûrement un résultat incomparablement supérieur, car la méthode sera plus parfaite et l'investigation beaucoup plus approfondie.

(Article publié par M. l'agronome E. LEPLAE
dans le *XX^e Siècle*, 16 mars 1903.)

L'opinion du major Weyns sur les ressources minières du Katanga.

Avant de quitter le territoire du Katanga, j'ai voulu me rendre compte par moi-même des travaux de prospection effectués dans la région de Kambove. J'ai donc visité les principales mines explorées jusqu'à ce jour. Vous savez que d'importantes mines de cuivre ont été étudiées par les membres de la mission Williams et qu'un dépôt d'alluvions aurifères a été découvert à Kambove. A mon arrivée dans ces parages, la plus grande activité régnait sur les travaux miniers. Ceux-ci consistent principalement à creuser des tranchées et des puits profonds, qui permettent de se rendre compte de l'allure des couches et de l'importance des gisements. Le travail très considérable qui a été ainsi accompli dans la plupart des mines a révélé l'existence, au Katanga, d'une immense région cuprifère, dont le centre est Kambove.

Aux alluvions aurifères de Kambove, que le Comité a décidé d'exploiter pour compte commun avec le groupe anglais, l'activité était aussi très grande. On procédait à un « nettoyage » des ravins contenant les précieuses alluvions. La roche, « le bedrock », était déjà à nu sur presque toute la longueur de ces ravins et de grands tas de gravier aurifère étaient amoncelés sur les bords, attendant les pluies qui devaient permettre leur lavage au « sluice » et au « pan » pour en extraire l'or.

De l'avis des ingénieurs, la quantité de gravier extraite et les nouveaux essais de minerai faits pendant ces travaux semblent indiquer que le résultat de l'extraction sera supérieur à ce qui avait été prévu.

— Connait-on maintenant l'origine de cet or alluvial?

— Je ne vous donnerai pas mon opinion sur ce point; laissez-moi vous dire seulement que les ingénieurs et les prospectors qui sont sur les lieux ne sont pas d'accord sur cette question, qui ne semble pas être facile à résoudre. En attendant, ces spécialistes poussent leurs recherches plus avant.

— N'ont-ils pas découvert d'autres indices en ce qui concerne la présence de l'or?

— Comme vous le savez, la plupart des minerais de cuivre de la région contiennent de l'or en quantité variable; de plus, un peu avant mon arrivée sur les lieux, un nouveau dépôt d'or alluvial était découvert à une trentaine de kilomètres au Nord-Ouest de Kambove, sur la petite rivière Lipeta. Les prospectors n'avaient pas encore étudié le dépôt, mais, d'après ce qu'on savait, au moment où je me trouvais à Kambove, ces nouvelles alluvions semblaient plus importantes que celles de Kambove, et l'on y avait trouvé l'or en grains plus gros.

— Quelle est votre opinion générale sur les mines du Katanga?

— Il serait prématuré d'émettre une opinion sur l'avenir des mines du Katanga. Je dirai seulement que les résultats acquis à ce jour sont satisfaisants, très satisfaisants même. On peut, dans tous les cas, dire qu'il existe au Katanga une région minière très riche en cuivre, et les prospectors qui travaillent sur les lieux sont d'avis qu'on y découvrira encore de l'or.

— Existe-t-il des communications faciles avec la région minière?

— Ainsi que je vous l'ai déjà dit, nous sommes en train d'étudier l'établissement d'une voie directe de communication par terre entre le centre minier et le Lualaba navigable, en attendant l'établissement du chemin de fer du Katanga, qui a été récemment décrété et dont la mission d'études se trouve actuellement au Katanga, sous la direction du commandant Jacques.

(Extrait d'une interview du major Weyns, à son retour d'Afrique, en avril 1903, publiée par l'ÉTOILE BELGE du 18 avril 1903.)

Volcan en miniature.

L'ingénieur des mines Pommer rapporte, dans son *Traité de Géologie pratique* (Berlin, 1902), un cas curieux d'explosion qui s'est produit sur une de ces montagnes de débris houillers que l'on nomme chez nous « terris ». C'est le dimanche 25 mai 1902, vers 2 1/2 heures, que cette explosion se produisit au terris de la mine « Kaiser Friedrich » à Barop; une grande partie du mont s'est écroulée dans les jardins voisins. En même temps, un fort courant d'eau, provenant de l'étang d'arrosage situé à la partie supérieure du terris, inondait également le voisinage. Le monticule encore brûlant était constamment arrosé par une pompe qui y envoyait 1^m,5 à 2 mètres cubes d'eau par minute: il est donc probable qu'une partie de cette eau a trouvé à l'intérieur une masse encore incandescente, qui l'aura transformée brusquement en vapeurs; de là une pression considérable, cause de l'explosion. D'après les dires des témoins, elle a été accompagnée d'un bruit semblable à un coup de canon, et d'une colonne de feu très puissante; la quantité de matières projetées s'élevait à 400 mètres cubes environ, avec des fragments pesant 50 kilogrammes; il s'est d'ailleurs aussi constitué un véritable petit cratère de 4 mètres de profondeur, à bords internes assez raides. Bref, un véritable volcan en miniature. Ces curieux détails nous sont rapportés par *Naturwiss. Rundschau*, n° 21, février 1903.

E. L.

MAURICE LERICHE. — Les Poissons du Paléocène belge.

« Les diverses formations du Paléocène belge ont fourni de nombreux restes de Poissons, aujourd'hui conservés au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, à Bruxelles, et dont l'étude m'a été confiée par la direction de l'établissement, sur la proposition de M. le conservateur L. Dollo.

» Le *Tuffeau supérieur de Ciply*, dont l'âge montien a été établi par les travaux de MM. Rutot et Van den Broeck, n'a donné, jusqu'ici, qu'un petit nombre d'ichthyolites appartenant aux espèces suivantes : *Scapanorhynchus*? (*Odontaspis*) *subulatus*, *Odontaspis macrota*, *Bronni*, *Rutoti*?, *Lamna appendiculata*, *Lepidosteus*. Cette faunule est remarquable par l'association de formes crétacées et tertiaires : les premières sont représentées par *Scapanorhynchus*? *subulatus*, *Odontaspis Bronni*, *Lamna appendiculata*; les secondes par *Odontaspis macrota* et peut-être par *Odontaspis Rutoti*. De plus, le genre *Lepidosteus*, dont il est intéressant de signaler l'apparition en Belgique, à la même époque qu'aux Etats-Unis et qu'au Portugal, accentue, par sa présence, le caractère tertiaire de la faune.

» Cette association de Poissons crétacés et tertiaires se retrouve dans le *Calcaire à Lithothamnium* (*Calcaire pisolitique*) du bassin de Paris, où j'ai récemment signalé les formes tertiaires *Odontaspis macrota* et *Lamna Vincenti* (1). Mais, tandis que, dans le Montien belge, les espèces crétacées et tertiaires semblent avoir sensiblement la même importance, les premières conservent sur les secondes, dans le *Calcaire à Lithothamnium*, une prépondérance marquée. La connaissance de la faune ichthyologique, tout en justifiant l'attribution du *Calcaire à Lithothamnium* au Montien, montre donc que ce *Calcaire* doit constituer, à la base de l'étage, un horizon inférieur au *Tuffeau de Ciply* proprement dit.

» La faune ichthyologique du Heersien se compose des éléments suivants : *Acanthias orpiensis* et *minor*, *Squatina prima*, *Notidanus Loozi*, *Scyllium Vincenti*, *Ginglymostoma trilobata*, *Odontaspis macrota*, *Rutoti* et *cuspidata*, *Elasmodus*, *Lepidosteus*, *Arius danicus*, *Osmeroides belgicus*, *Cycloides incisus*, *Smerdis*? *heersensis*.

» Beaucoup de ces espèces se retrouvent dans le Landenien inférieur, dont la faune ichthyologique comprend : *Acanthias minor*, *Squatina prima*, *Myliobatis Dixoni*, *Notidanus Loozi*, *Synechodus eocœnus*, *Cestracion*, *Scyllium Vincenti*, *Odontaspis macrota*, *Rutoti*, *cuspidata* et *crassidens*, *Lamna Vincenti* et *verticalis*, *Otodus obliquus*, *Oxyrhina nova*, *Ischyodus Dolloi* (premier représentant connu du genre, dans les terrains tertiaires), *Edaphodon Bucklandi* et *leptognathus*, *Elasmodus Hunteri*, *Albula Oweni*, *Monocentris integer*, *Egertonina*.

» Comme on le voit, la faune ichthyologique du Landenien inférieur, quoique un peu plus variée que celle du Heersien, n'en diffère pas notablement. Ces faunes sont essentiellement marines; la présence de formes d'eaux douces ou côtières (*Lepidosteus*, *Arius danicus*) vient seulement donner, aux dépôts heersiens, un caractère un peu plus littoral. D'autre part, il est intéressant de constater que la faune ichthyologique du Heersien-Landenien inférieur belge renferme tous les éléments de celle du Thanétien des Bassins de Paris et de Londres, et qu'elle possède, en outre, deux des espèces (*Arius danicus*, *Monocentris integer*) de la faune si spéciale du Paléocène de Copenhague.

(1) M. LERICHE, *Sur quelques éléments nouveaux pour la faune ichthyologique du Montien inférieur du bassin de Paris*. (ANN. SOC. GÉOL. DU NORD, t. XXX, 1901, p. 456.)

» Contrairement à la faune ichthyologique du Landenien inférieur, celle du Landenien supérieur est franchement d'eau douce. Ses éléments, *Amia* (*Pappichthys*) *Barroisi* et *Lepidosteus suessionensis*, sont déjà connus dans le Sparnacien du Bassin de Paris.

» *En résumé*, mes recherches m'ont permis de reconnaître, dans le Paléocène belge, *trois faunes ichthyologiques* distinctes :

» La *première* (la plus ancienne). constituée par un mélange de formes crétacées et tertiaires, caractérise le Montien; elle rappelle, avec des affinités tertiaires un peu plus accentuées, la faune ichthyologique du *Calcaire à Lithothamnium* du Bassin de Paris.

» La *seconde*, formée par un ensemble d'espèces exclusivement tertiaires et essentiellement marines, est commune aux étages Heersien et Landenien inférieur; elle correspond à la faune ichthyologique du Thanétien des Bassins de Paris et de Londres, et à celle du Paléocène de Copenhague.

» Enfin, la *troisième*, franchement d'eau douce, offre, par la présence des genres *Amia* et *Lepidosteus*, un cachet américain remarquable. Elle caractérise le Landenien supérieur et correspond exactement à la faune ichthyologique du Sparnacien du Bassin de Paris. »

(*Comptes rendus Acad. des Sciences de Paris*, 12 janvier 1903.)

L. DOLLO. — Le *Pteraspis* dans l'Ardenne.

« I. Dans la séance du 2 de ce mois, M. J. Gosselet annonçait à l'Académie la découverte de Poissons du genre *Pteraspis*, ou d'un genre voisin, dans le Geddinnien (Devonien inférieur) de Liévin (Pas-de-Calais). Il disait notamment : « Les *Pteraspis* » sont très communs dans le Grès Rouge (Old Red Sandstone) d'Écosse et d'Angleterre, mais c'est la première fois qu'on les trouve dans l'Ardenne ou dans ses prolongements occidentaux ».

» II. A ce propos, il ne sera pas sans intérêt de signaler ici que le Musée de Bruxelles a acquis, récemment, de M. C. Malaise, des restes de *Pteraspis* provenant précisément du Geddinnien de l'Ardenne, plus exactement du hameau de Glaireuse, commune de Villance, près de Saint-Hubert, dans la province de Luxembourg.

» III. Il s'agit, entre autres pièces, du bouclier ventral d'une espèce que M. A.-S. Woodward, du British Museum, à qui j'ai soumis nos fossiles, n'a pu identifier ni avec le *Pteraspis rostrata*, ni avec le *Pteraspis Crouchi*, de la Grande-Bretagne.

» C'est, probablement, le *Pteraspis dunensis* du Devonien inférieur de l'Eifel.

» IV. Puisque j'ai été amené, par la communication de M. Gosselet, à entretenir l'Académie des *Ostracodermes* de la Belgique, je désirerais ajouter quelques mots sur un point fondamental de l'organisation des Ostracodermes en général, point au sujet duquel les paléontologistes sont divisés.

» Sont-ce des Vertébrés agnathes ou des Vertébrés gnathostomes? *Agnathes*, déclarent les uns (Cope, Dean, Woodward), car on n'en a jamais trouvé les mâchoires. *Gnathostomes*, soutiennent les autres (Traquair), car les mâchoires étaient cartilagineuses, et elles ont disparu par la putréfaction.

» Les premiers, cependant, pourraient bien avoir raison. En effet, non seulement on n'a jamais vu les mâchoires des Ostracodermes, mais on n'a, non plus, jamais constaté, chez eux, la présence de dents d'aucune nature (Traquair). Or, les dents primordiales (écailles placoides buccales) sont, phylogéniquement, plus anciennes que les mâchoires (C. GEGENBAUR, *Grundriss*, page 574). Et c'est l'apparition de celles-ci qui a provoqué la spécialisation de celles-là en dents proprement dites. Donc, si les

Ostracodermes avaient eu des mâchoires. fût-ce cartilagineuses, on aurait dû rencontrer leurs dents. Ce qui n'est pas, jusqu'à ce jour, malgré le grand nombre d'échantillons examinés. Il semble, dès lors, que les Ostracodermes étaient des Vertébrés agnathes.

» Pour prouver le contraire, il faudrait : ou mettre en évidence les mâchoires elles-mêmes, ou démontrer l'existence de dents différenciées de telle manière qu'on ne puisse pas douter qu'elles aient été portées par des mâchoires.

» Quant à supposer que les Ostracodermes (les plus anciens Vertébrés connus) avaient déjà tous perdu leurs dents. c'est une chose qu'on acceptera difficilement.

» De ce que ces animaux auraient été des Vertébrés agnathes, en résulte-t-il maintenant qu'ils soient des Cyclostomes? Nullement. D'abord, il y a lieu de distinguer l'agnathisme secondaire (Huxley, Howes). Et, ensuite, il n'est pas du tout certain que les Ostracodermes fussent monorhiniens (Lankester). Mais ils montrent des affinités avec les Élasmobranches (Traquair). Pourquoi non? Sont-ce, nécessairement, pour cela, des Élasmobranches à dentition dégénérée?

» Et les Ostracodermes les plus primitifs (*Cælopidæ*) ne pourraient-ils représenter les ancêtres prégnathostomes (qu'on ne peut éviter d'admettre, dans un passé plus ou moins lointain) des Élasmobranches typiques, comme ils seraient ceux des Ostracodermes très évolués (exemple : *Pteraspidae*, Traquair)? D'autant plus que les Cladodontes et les Pleuracanthides ne sont pas les formes-souches des autres Chondroptérygiens. Leur structure, de même que leur âge géologique, s'y oppose absolument.

» Je ne prétends pas résoudre, par ces lignes, l'importante et difficile question que j'ai soulevée. Pourtant, je crois qu'il n'est pas possible, en la traitant, de faire abstraction des considérations que je viens de développer. »

(Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*.

Séance du 16 mars 1903.)

Important gisement nouveau de kaolin, en Suède.

On vient de découvrir dans l'île d'Ifo, en Suède, un gisement de terre réfractaire qui contient une couche de kaolin de 30 mètres d'épaisseur, et représentant un volume d'au moins 6 millions de mètres cubes; ce kaolin est d'ailleurs d'une pureté particulièrement remarquable.

(Extrait de *La Nature*, n° 1548, du 24 janvier 1903.)



SÉANCE MENSUELLE DU 21 AVRIL 1905.

Présidence de M. A. Rutot, vice-président.

La séance est ouverte à 8 h. 45.

En ouvrant la séance, M. le *Président* annonce la mort de M. Ch. de la Vallée Poussin, professeur à l'Université de Louvain, vice-président du Conseil de direction de la Carte géologique du Royaume.

Bien que M. de la Vallée Poussin ne fût pas membre de la Société, M. le *Président* remplit un devoir en exprimant publiquement les regrets que cause à la Science le décès de cet éminent géologue, dont tous connaissent les travaux et spécialement ceux relatifs à la Pétrographie. Il rappelle notamment que la Société a publié de lui son intéressant discours à l'Académie sur la Géographie physique dans ses rapports avec la Géologie, et il est convaincu que la mort de ce savant laissera une trace durable dans la mémoire de tous les géologues. M. le chanoine de Dorlodot et M. F. Kaisin, membres de la Société, sont appelés à remplacer M. de la Vallée Poussin pour les cours qu'il professait à l'Université de Louvain.

Notre Secrétaire général a bien voulu nous promettre une Note biographique détaillée sur Ch. de la Vallée; elle sera insérée aux *Mémoires*.

Correspondance.

M. Stainier, Président, indisposé, fait excuser son absence.

M. Kersten remercie pour sa nomination en qualité de membre du Conseil pour l'année 1905.

L'*Institut international de Bibliographie* invite les membres de la Société à aller visiter ses installations et à se rendre compte de ses travaux.

Une ou deux visites collectives pourraient être, écrit le Secrétaire

général de l'Institut, M. Otlet, organisées, par exemple, le dimanche matin, par groupe d'une douzaine de personnes, ce nombre limité paraissant indiqué, dit M. Otlet, pour procéder à des démonstrations véritablement profitables.

L'honorable Secrétaire saisit avec amabilité cette occasion pour attirer l'attention des membres de la Société belge de Géologie sur les importants services bibliographiques que l'Institut pourrait leur offrir pour les aider dans leurs recherches ou dans leurs travaux. Il ajoute que le *Répertoire bibliographique* de l'Institut, situé dans les locaux de l'État, 1, place du Musée (entrée par l'hémicycle et l'escalier d'Hercule, conduisant au Musée de Peinture), est accessible gratuitement aux travailleurs tous les jours de 9 à 12 et de 2 à 6 heures.

Les membres de la Société qui seraient désireux de profiter de l'invitation ci-dessus sont priés de se faire inscrire au Secrétariat qui, dès une dizaine d'adhésions reçues, s'empressera de faire le nécessaire.

M. Alimanestiano a fait parvenir un compte rendu du Congrès de Grenoble de 1902. Toutefois, pour ce qui concerne l'hydrologie géologique, il fait ressortir que cette partie n'a pas eu, à ce Congrès, l'importance qui lui a été donnée aux sessions antérieures. Sa note traite assez spécialement d'une station d'eau thermale à Caciulata.

M. le Dr A. von Koenen, membre honoraire de la Société, envoie, comme hommage pour sa bibliothèque, un magnifique ouvrage intitulé : *Die Ammonitiden des Norddeutschen Neocom* (Valanginien, Hauterivien, Barrémien und Aptien). Berlin, 1902. C'est un beau volume de 451 pages, accompagné d'un atlas in-4° de 55 planches. (*De chaleureux remerciements sont votés au donateur.*)

M. A. de Lapparent, membre honoraire de la Société, adresse pour la bibliothèque de la Société, outre une brochure sur l'*Éruption de la Martinique*, la cinquième édition, conçue sur un plan tout nouveau, de son *Abrégé de Géologie*, contenant une carte géologique et 158 figures dans le texte. (*Des remerciements sont votés au donateur.*)

Des analyses de ces deux intéressants volumes seront publiées dans le *Bulletin bibliographique*.

La maison Émile Deyrolle, à Paris, a envoyé pour la bibliothèque un exemplaire des deux ouvrages faisant partie de l'*Histoire naturelle de la France*, éditée par cette maison, et dont ces volumes constituent les XXIV^e et XXV^e parties sous les titres : *Paléontologie*, par FRÉTEL; *Minéralogie*, par GAUBERT.

De même, la librairie Béranger, de Paris, a adressé un exemplaire du volume : *Étude des phénomènes volcaniques*, par F. MIRON, et la librairie

Gauthier-Villars a envoyé pour notre bibliothèque, *Gisements miniers : stratification et composition*, par F. MIRON. Enfin, la maison *Schleicher frères* nous a adressé l'important volume de M. MAURICE LECOMTE-DENIS, intitulé : *La prospection des mines et leur mise en valeur* ; volume grand in-8° de 551 pages et 520 figures.

Des comptes rendus de ces divers travaux seront publiés dans le *Bulletin bibliographique*.

La *Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut* a fait parvenir le programme de ses concours pour 1903, duquel nous extrayons ce qui suit, relativement à la *Géologie* :

SOCIÉTÉ DES SCIENCES, DES ARTS ET DES LETTRES
DU HAINAUT

Programme des concours pour 1903

Géologie.

1° On demande une étude, basée sur des analyses nouvelles effectuées d'après une méthode uniforme, sur les relations existant entre la composition des houilles du bassin du Hainaut et leur mode de gisement. On recherchera, en particulier, les variations que subit cette composition dans le sens de la succession stratigraphique, dans le sens de la direction et dans celui de l'inclinaison, ainsi que suivant la profondeur et suivant la position des couches en plateure ou en dressant.

2° On demande une étude sur la faille du Centre et les failles connexes dans le Couchant de Mons et la partie occidentale du bassin du Centre.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les mémoires seront rédigés en français.

Ils seront remis franco, avant le 31 décembre 1903, chez M. Wiliquet, greffier provincial, secrétaire général de la Société, avenue d'Havré, n° 22, à Mons.

Les concurrents ne signent pas leurs travaux : ils y mettent une devise, qu'ils répètent sur un billet cacheté renfermant leur nom et leur adresse, ainsi qu'une déclaration que leur œuvre est inédite et qu'elle n'a pas été récompensée par d'autres sociétés savantes.

Le prix, pour chaque concours, consiste en une médaille d'or frappée au coin de la Société. La Société peut accorder des mentions honorables, avec ou sans médaille, aux travaux qui ne lui paraîtront pas mériter le prix. Ces médailles seront de vermeil, d'argent ou de bronze.

M. *James Geikie* veut bien se charger d'appuyer auprès de la *Royal Geographical Society* une demande d'échange de publications. (Remerciements.)

M. *G. Simoens* adresse au Secrétariat la communication ci-dessous : En revoyant la bonne feuille contenant ma communication de janvier dernier, je remarque que le passage suivant a été omis dans la copie de mon manuscrit : « M. *Simoens* redemande la parole et fait remarquer ensuite que parmi les failles dirigées d'une manière générale S. N., dont il a signalé l'existence dans le bassin de la Campine, il y a lieu de remarquer spécialement celle dont l'extrémité Sud a été mentionnée depuis longtemps par M. Van den Broeck dans l'explication de la feuille de Bilsen, de l'ancien Service. » Espérant que vous voudrez bien faire le nécessaire pour réparer cet oubli, je vous prie, etc.

G. SIMOENS.

M. le Prof^r *W. Kilian* annonce la fermeture de la station sismique de Grenoble pour cause de manque de crédits.

M. le *Secrétaire général* se chargera d'exprimer, au nom de la Société, à M. Kilian, les profonds regrets qu'une telle mesure inspirera à tous nos collègues, de quelque nationalité qu'ils soient, et qui est si préjudiciable à l'intérêt des études. La station organisée à Grenoble par M. Kilian était la seule de l'espèce qui existât en France, et il est déplorable que, faute d'un léger subsidé, il faille la voir disparaître. Notre collègue M. Eug. Lagrange, auquel M. Van den Broeck avait communiqué le fait, l'a déploré, comme il convient, dans le dernier numéro de la revue belge *Ciel et Terre*, et cette protestation, que la Société fera certainement sienne, sera reproduite dans les annexes du procès-verbal de la séance de ce jour. (*Approbation.*)

M. *Kemna* fait part à l'Assemblée du résultat d'une entrevue qu'il a eue avec M. *A. Smith Woodward*, qui a bien voulu promettre, pour la Société, une note sur les poissons fossiles *Céphalaspides*. (Remerciements.)

M. le *Secrétaire général* rapporte que le 29 mars, la Société s'est rendue en excursion à Lille, où, sous la conduite de MM. *J. Gosselet*, *Barrois*, *Leriche*, etc., elle a été visiter le *Musée géologique Gosselet* de la Faculté des sciences et ensuite, sous la direction de M. *Calmette*, elle a pu examiner, dans tous les détails, les magnifiques et intéressantes installations de l'*Institut Pasteur*.

C'est toujours avec le même réel sentiment de plaisir que les membres qui ont pris part à cette course se sont retrouvés en la si aimable compagnie du vénéré maître M. Gosselet, à l'obligeance duquel ils doivent d'avoir examiné en détail les belles et riches collections du Musée auquel il a donné son nom.

On ne peut que regretter que le nombre des excursionnistes n'ait pas été en rapport avec l'intérêt et les fruits à retirer de cette course, qui a été des plus agréables et des plus intéressantes.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

- 4062. Lapparent (A. de). *Abrégé de géologie*. Paris, 1903. Volume in-12 de 424 pages, 158 figures et 1 carte.
- 4063. ... *Lied en historische beschryving van Boisschot, nen tyd voor Adams geboorte, door 'nen boisschotschen sinjoor*. Anvers, 1874. Brochure in-4° de 14 pages.
- 4064. Ahlenius, Karl. *Angermanälvens Flodomrade. En Geomorfologisk-Antropogeografisk Undersökning*. Upsala, 1903. Extrait in-8° de 220 pages et 2 cartes.
- 4065. André, J.-B. *Ministère de l'Agriculture. Service de santé, hygiène publique et voirie communale. Enquête sur les eaux alimentaires. Première partie : Résumé des réponses des administrations communales et de renseignements divers*. Bruxelles, 1902. Volume de 465 pages.
- 4066. Choffat, Paul. *Contributions à la connaissance géologique des colonies portugaises d'Afrique. I. Le Crétacique de Conducia*. Lisbonne, 1903. Extrait in-4° de 29 pages et 9 planches, dont 2 doubles.
- 4067. Cogels, P., et van Erthorn, O. *Mélanges géologiques (comprenant cinq notes)*. Anvers, 1880. Extraits in-8° de 12 pages.
- 4068. Dollo, Louis. *Le Pteraspis dans l'Ardenne*. Paris, 1903. Extrait in-4° de 3 pages.
- 4069. Dollo, Louis. *Les Dinosauriens de la Belgique*. Paris, 1903. Extrait in-4° de 3 pages.
- 4070. Dutertre (Docteur). *Voyage en Islande*. Boulogne-sur-Mer, 1902. Volume in-12 de 111 pages.
- 4071. Dutertre (Docteur). *En bicyclette à travers le Tyrol, la Carinthie, la Styrie et la haute Autriche*. Boulogne-sur-Mer, 1902. Volume in-12 de 105 pages.

4072. **Fagnart, Adolphe.** *Villégiature. Couvin, ses environs, ses curiosités naturelles, ses promenades, ses agréments, sa flore.* Couvin, 1902. Volume in-16 de 106 pages, 12 figures et 2 cartes.
4073. **Fouqué, F.** *Les analyses en bloc et leur interprétation.* Paris, 1902. Extrait in-8° de 82 pages.
4074. **Gaudry, A.** *Contributions à l'histoire des hommes fossiles.* Paris, 1903. Extrait in-8° de 14 pages et 13 figures.
4075. **Gosselet, J.** *Les galets glaciaires d'Étaples et les dunes de Camiers.* Lille, 1902. Extrait in-8° de 11 pages.
4076. **Gosselet, J.** *Observations sur la sédimentation de la craie. Réflexions sur la craie congloméroïde et sur les bancs durcis et verdis.* Lille, 1902. Extrait in-8° de 15 pages.
4077. **Gosselet, J.** *Esquisse géologique du Nord de la France et des contrées voisines (publiée sous les auspices de la Société géologique du Nord).* 4^e fascicule : *Terrains quaternaires.* Lille, 1903. Extrait in-8° de 79 pages et 3 planches.
4078. **Koenen (A. von).** *Die Ammonitiden des Norddeutschen Neocom (Valanginien, Hauterivien, Barrémien und Aptien).* Berlin, 1902. Extrait in-8° de 451 pages, 2 figures et 1 atlas in-4° de 58 planches.
4079. **Lapparent (A. de).** *L'éruption de la Martinique.* Louvain, 1903. Extrait in-8° de 36 pages.
4080. **Le Couppey de la Forest, Max.** *Méthode employée par la ville de Paris pour l'étude des eaux de sources.* Auxerre, 1902. Extrait in-8° de 15 pages.
4081. **Matthew, G. F.** *Notes on Cambrian faunas.* Londres, 1902. Extrait in-8° de 20 pages et 1 planche.
4082. **Mieg, Mathieu et Stehlin, H.-G.** *Sur l'âge et la faune de la station préhistorique d'Istein (Grand-Duché de Bade).* Nancy, 1902 (?). Extrait in-8° de 20 pages et 1 planche.
4083. **van Ertborn, O.** *Les terrains miocène, pliocène et quaternaire à Anvers.* Anvers, 1881. Extrait in-8° de 60 pages et 1 tableau. (2 exemplaires.)
4084. **van Ertborn, O.** *Le système éocène. L'étage sparnacien et sa faune en Belgique.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 26 pages.
4085. **van Ertborn, O.** *Les dépôts quaternaires de la Belgique et leurs faunes. Causerie géologico-paléontologique.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 16 pages et 1 planche.
4086. **van Ertborn, O.** *Le système pliocène en Belgique. L'âge vrai du vrai Moséen. Étage amstelo-moséen.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 7 pages.

4087. **van Ertborn, O., et Cogels, P.** *Texte explicatif du levé géologique de la planchette d'Aerschot.* Bruxelles, 1880. Extrait in-8° de 85 pages.
4088. **van Ertborn, O., et Cogels, P.** *Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Lierre.* Bruxelles, 1880. Extrait in-8° de 60 pages.
4089. **van Ertborn, O., et Cogels, P.** *Levé géologique de la planchette de Kermpt, à l'échelle du 80 000°.* Bruxelles, 1881.
4090. **Miron, F.** *Gisements miniers. Stratification et composition.* Paris, année (?). Volume in-8° de 192 pages. (*Hommage de l'éditeur : Gauthier-Villars, à Paris.*)
4091. **Miron, F.** *Étude des phénomènes volcaniques.* Paris, 1903. Volume in-8° de 320 pages et 46 figures. (*Hommage de l'éditeur : Ch. Béranger, à Paris.*)
4092. **Lecomte-Denis, Maurice.** *La prospection des mines et leur mise en valeur.* Paris, 1903. Volume grand in-8° de 551 pages et 320 figures. (*Hommage des éditeurs : Schleicher frères, à Paris.*)
4093. **Voit (Carl von).** *Max von Pettenkofer zum Gedächtniss.* Munich, 1902. Extrait in-4° de 160 pages.
4094. **Fritel, P.-H.** *Histoire naturelle de la France. 24^e partie : Paléontologie (animaux fossiles).* Paris, 1903. Volume in-12 de 379 pages, 27 planches et 445 figures. (*Hommage des éditeurs : Les fils d'Émile Deyrolle, à Paris.*)
- 4094 bis. **Gaubert, Paul.** *Histoire naturelle de la France. 25^e partie : Minéralogie.* Paris, année (?). Volume in-12 de 266 pages, 18 planches en couleur et 119 figures. (*Hommage des éditeurs : Les fils d'Émile Deyrolle, à Paris.*)

2° Extraits des publications de la Société :

4095. ... *Exercice 1902. Assemblée générale annuelle de clôture. Séance du 17 février 1903.* Procès-Verbaux de 1902. 16 pages.
4096. **Cornet, J.** *Les mines de Kambove, au Katanga. A propos du rapport de M. l'ingénieur Buttgenbach.* Procès-Verbaux de 1902. 6 pages. (2 exemplaires.)
4097. **Kemna, Ad.** *Les eaux de Bruxelles en 1902. A propos du rapport de M. l'ingénieur Putzeys.* Procès-Verbaux de 1902. 18 pages. (2 exemplaires.)
4098. **Kersten, J.** *Remarquable coup d'eau dans un charbonnage de Belgique.* Procès-Verbaux de 1902. 9 pages et 1 planche. (2 exemplaires.)

4099. **Lagrange, Eug.** *Installation de la station géophysique de Quenast.* Procès-Verbaux de 1902. 2 pages et 2 figures. (2 exemplaires.)
4100. **Moulan, T.-C.** *Note sur les venues d'eau dans les calcaires.* Procès-Verbaux de 1902. 2 pages. (2 exemplaires.)
4101. **Prinz, W.** *La genèse et la structure de l'écorce solide du globe, d'après Stübel.* Procès-Verbaux de 1902. 6 pages. (2 exemplaires.)
4102. **Simoens, G.** *Quelques mots sur le bassin houiller de la Campine.* Procès-Verbaux de 1902. 4 pages. (2 exemplaires.)
4103. **Tacquin, Art.** *De l'utilité d'englober l'étude des phénomènes bio-physiologiques dans le programme d'études scientifiques des phénomènes géophysiques de l'année 1902.* Procès-Verbaux de 1902. 5 pages. (2 exemplaires.)
4104. **Van den Broeck, E.** *La légende actuelle du Quaternaire dans l'œuvre de la Carte géologique.* Procès-Verbaux de 1902. 2 pages. (2 exemplaires.)
4105. **Van den Broeck, E.** *Exposé suivi de quelques remarques à propos des vues du docteur Stübel et des conséquences géologiques de sa thèse.* Procès-Verbaux de 1902. 9 pages. (2 exemplaires.)

3° Périodiques nouveaux :

4106. **Bologne.** *Rivista italiana di Paleontologia*, VIII, 1902.
4107. **Acireale.** *Reale Accademia di Scienze, Lettere e Arti degli Zelanti. Atti e Rendiconti* : VIII, 1896-1897 ; IX, 1897-1898 ; X, 1899-1900.

M. le *Secrétaire général* dépose sur le bureau le fascicule V final du tome XVI du *Bulletin*, contenant les procès-verbaux des séances de novembre et décembre 1902. (Adopté.)

Il annonce en même temps la distribution très prochaine du fascicule I du tome XVII, 1903, qui englobera même les travaux de la séance d'aujourd'hui, mettant ainsi complètement à jour les publications de la Société.

M. le *Président* félicite M. le *Secrétaire général* du résultat ainsi obtenu par un labeur opiniâtre, et il se fait l'interprète de l'Assemblée pour le remercier chaleureusement du dévouement incessant qu'il apporte, depuis plus de seize ans déjà, dans l'accomplissement de sa laborieuse tâche. (*Applaudissements.*)

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membre effectif à vie :

M. DESPRET, ÉDOUARD, directeur de la Société générale pour favoriser l'industrie nationale, rue de Trèves, 49, à Bruxelles.

En qualité de membre effectif :

M. POLAK, GASTON, ingénieur civil des mines, avenue de la Toison d'Or, 112, à Bruxelles.

M. le *Secrétaire général* aborde comme suit la question de la

PALEONTOLOGIA UNIVERSALIS

QUELQUES CONSIDÉRATIONS AU SUJET DES CONDITIONS D'ABONNEMENT

par

Ernest VAN DEN BROECK

M. *Van den Broeck* exprime tout d'abord sa satisfaction de voir que les améliorations proposées par la *Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie* dans la disposition des fiches ont été, généralement toutes, adoptées par le Comité organisateur.

Il rappelle que l'œuvre a pour but de publier chaque année 80 espèces en 160 fiches, au prix de 40 francs l'abonnement.

Ce prix est assez élevé, du moins comme charge annuelle pour les abonnés à titre personnel et, à cet effet, il a cru pouvoir présenter quelques observations à M. *Oehlert*. Il est persuadé que pour obtenir un grand nombre de souscriptions, il faut organiser des abonnements *par séries*, bien que rien n'empêche évidemment plusieurs personnes de se concerter pour répartir entre elles un abonnement global.

Les abonnements partiels seraient, bien entendu, servis et liquidés sans aucune périodicité régulière de temps, c'est-à-dire qu'ils n'auraient nullement le caractère des envois et versements *annuels* de l'abonnement global; ces abonnements coûteraient 25 francs (au lieu de 20) ou même fr. 12.50 (au lieu de 10) pour respectivement des lots de 40 et 20 espèces, formés chacun de 80 et 40 fiches. Ils seraient à base soit

stratigraphique, soit zoologique; c'est-à-dire qu'il faudrait autoriser les demandes de séries de fiches se rapportant, par exemple, à tout l'ensemble ou à un groupe déterminé de la faune ou de la flore de tel ou tel terrain, en même temps qu'on accepterait des abonnements ayant pour but de réunir, par exemple, les poissons ou les mollusques ou les foraminifères de tel ou tel groupe de terrains, aussi bien que de l'ensemble des formations sédimentaires.

La légère majoration de prix sus-indiquée, et qui serait justifiée par la complication d'écritures et de travail du bureau d'expédition, ainsi que par la majoration de frais de multiples ports partiels (1), pourrait éventuellement être réduite par l'engagement que prendraient les acquéreurs de s'inscrire comme demandes d'achat pour des séries appelées à prendre ultérieurement une certaine importance. (Engagement d'acquisition à période indéterminée, mais s'étendant à 100, 200 ou 500 fiches totalisées.)

Telle qu'elle est actuellement proposée, la publication est franchement coûteuse pour le particulier et pour le modeste travailleur, par le fait même qu'elle englobe dans son essence tout l'ensemble, si étendu et si complexe, de la Paléontologie. Les travailleurs, les spécialistes, qui sont légion, désireront très généralement ne s'abonner que pour *un groupe déterminé* et toujours relativement limité, basé sur l'une ou l'autre des deux bases précitées.

D'aucune façon, les neuf dixièmes d'entre eux ne pourraient devenir des clients pour l'ensemble de l'œuvre, et les tenir à l'écart par la nécessité d'abonnements annuels globaux et complets, c'est perdre de gaieté de cœur une source importante de rentrées et diminuer en même temps *la portée utilitaire* de l'œuvre.

Il n'y aura guère que les musées, les laboratoires, instituts, académies, bibliothèques et un certain nombre de sociétés savantes, continue M. *Van den Broeck*, qui s'astreindront, et ils auront même le devoir de le faire, à prendre des abonnements annuels réguliers et complets. Ce n'est pas l'existence parallèle ou accessoire d'un type d'abonnement partiel, à l'usage des travailleurs spécialistes, qui pourra les détourner de la réunion, *nécessaire* dans leurs archives, de l'œuvre COMPLÈTE de la *Paleontologia universalis*. On pourrait même refuser aux institutions de l'espèce la faculté des abonnements partiels, essentiellement destinés à favoriser les travailleurs isolés, les spécialistes.

En l'absence de ces mesures dilatoires, l'ensemble des souscriptions

(1) Les envois ne se feraient que par groupes de 10 ou 20 espèces (20 ou 40 fiches), à moins de conventions spéciales avec frais à charge de l'abonné.

globales à espérer suffira-t-il pour assurer la vitalité et le bon fonctionnement de l'œuvre? C'est possible; mais le contraire n'aurait rien qui pût étonner. Dès lors, n'est-il pas préférable d'organiser, *dès le début*, les deux types d'abonnement, d'autant plus que certaines mesures pratiques et efficaces pourraient encore être prises pour éviter tout mécompte. Le système du double type d'abonnement, dès l'origine, fournirait, par les indications tirées du nombre des demandes d'abonnement ainsi comprises, des données sur les nécessités variées du tirage, qui ne peut être le même pour tous les groupes de fiches (1). Savoir approximativement d'avance les quantités proportionnelles des chiffres de tirage est un avantage précieux et évitera des frais de remise en train, de retraitage et de réédition, inévitables si l'on se décidait, après coup, à étendre aux demandes partielles et spécialisées l'abonnement d'abord réservé à l'ensemble de l'œuvre. Quant aux *mesures pratiques* permettant d'éviter des mécomptes, elles consisteraient, d'après les vues de M. Van den Broeck, à admettre, à côté de l'abonnement global et annuel à l'œuvre entière, des abonnements partiels qui seraient *conditionnels*, c'est-à-dire qui ne deviendraient définitifs et exécutoires, par le Bureau directeur ou exécutif, qu'à la condition d'avoir pu réunir AU PRÉALABLE le *minimum reconnu nécessaire* d'abonnements fermes globaux et à versements annuels, indispensables pour assurer la marche régulière de la publication.

L'Assemblée, après une courte discussion, admet ces vues de M. Van den Broeck comme favorables à la réalisation de l'œuvre et pense qu'il serait utile qu'elles fussent transmises, simplement à titre d'information, mais avec l'approbation de l'Assemblée, au Comité international de la *Paleontologia universalis*.

Au cours de son exposé, M. Van den Broeck a donné lecture d'une lettre de M. D.-P. Oehlert, conservateur du Musée de Laval et promoteur de l'œuvre décrétée à Paris, lettre dans laquelle on relève le passage suivant, auquel répond en grande partie, pense M. Van den Broeck, la proposition telle qu'elle vient d'être formulée pour être transmise au Comité international.

(1) Le tirage à des chiffres différentiels *s'impose*. Il y aura, par exemple, dix ou vingt fois plus d'amateurs pour les fiches des mollusques que pour celles des vertébrés supérieurs ou concernant les plantes, etc. Dans le tirage des feuilles de la Carte géologique de Belgique, on a été amené à faire de même : il y a des régions très demandées. D'autres ne provoquant que très peu de demandes, et il a été tenu compte des *probabilités* de l'espèce dans le chiffre du tirage des différentes feuilles de la Carte.

« Les différents modes d'abonnement, dit M. OEhlert, ont déjà été l'objet de réflexions de la part de personnes s'intéressant à cette œuvre, mais cette question n'a pas encore été examinée par la Commission, elle sera sans doute discutée au Congrès de Vienne. D'ici là, ajoute M. OEhlert, je ne puis que vous donner mon avis *personnel*.

» Je ne verrais pas d'inconvénient à ce que, à côté des abonnements globaux (40 francs par an pour 160 fiches représentant 80 espèces), il y eût des ventes facultatives soit par séries de 10 ou de 20 fiches, soit même par unités, mais il me semble que ce mode de vente ne peut être adopté au début de l'œuvre. Il faut d'abord s'assurer d'un nombre suffisant d'abonnés à la publication entière, ceux-ci pouvant *seuls* assurer un revenu indispensable pour la vie et le fonctionnement de la publication. »

Après avoir exposé les efforts du début de l'entreprise et signalé que grâce aux fonds (8,000 francs) généreusement votés par le Comité d'organisation du Congrès de Paris, il a déjà été possible de lancer 6 000 numéros spécimens de l'appel aux souscripteurs, M. OEhlert estime avec raison que ce ne sont pas les modestes fonds de roulement du début qui permettront d'alimenter l'œuvre. Il évalue à 250 le nombre de souscriptions globales *nécessaires*. Quant aux bénéfices, s'il y en avait, ils seraient employés à augmenter le nombre des fiches publiées annuellement, sans modifier le prix de l'abonnement.

« En tout cas, ajoute M. OEhlert, si l'achat par séries ou par unités était accepté, il faudrait que le prix en fût majoré, de façon à favoriser ceux qui s'abonneraient à l'œuvre entière.

» Il est à remarquer, dit M. OEhlert en terminant, qu'aucune décision officielle ne pourra être prise que par la Commission, et elle pourra décider avec d'autant plus de sûreté lorsqu'on connaîtra le nombre d'abonnés à la publication entière, document qui sera établi pour le Congrès de Vienne.

» La première livraison pourra sans doute paraître dans l'été de 1903. »

Comme suite à l'exposé qui vient d'être fait et en réponse à la question de savoir si la Société pourra s'inscrire comme souscripteur à l'ensemble de l'œuvre, l'Assemblée est unanime à répondre par l'affirmative, sous réserve de l'approbation du Président et du Trésorier, tous deux absents à la séance.

Communications des membres :**AD. KEMNA. — Les découvertes récentes de poissons fossiles en Belgique et en France.**

M. Kemna, à propos de la découverte de restes de poissons devoniens du genre *Pteraspis*, près de Lille et en Belgique, expose les travaux récents de Traquair sur les poissons du Silurien de l'Écosse. Il insiste sur la portée théorique de ces faits. La continuation de cette étude sera communiquée à la Société dans sa séance de mai, et l'ensemble du travail sera publié dans le prochain fascicule du *Bulletin*.

M. A. Rutot, en l'absence de l'auteur, résume un travail de M. R. BRADFER, intitulé : **Le tuf humique ou ortstein aux points de vue géologique et forestier**, et il émet ensuite les considérations suivantes :

M. Rutot constate d'abord que l'on tend de plus en plus à abuser du mot *tuf*, auquel on donne des acceptions tellement éloignées de la définition type, que bientôt le mot *tuf* deviendra le simple équivalent de « roche solide ».

En effet, d'après M. Bradfer, les grès ferrugineux du Diestien et du Bruxellien deviennent des tufs; dès lors, il n'y a pas de raison de s'arrêter, et nous verrons remplacer sans tarder les mots « grès » et « psammite », par exemple, par le mot *tuf*.

D'autre part, l'auteur, énumérant les divers tufs, qu'il divise en tufs ferrugineux, en tufs calcaires et en tufs gypseux, ne signale comme tuf calcaire en Belgique qu'un certain concrétionnement qui, paraît-il, existerait sous les dunes du littoral, alors qu'il oublie complètement de signaler le tuf calcaire qui se dépose à la sortie des sources d'eaux très chargées de calcaire et qui est très bien représenté le long de la vallée de la Meuse, à Marche-les-Dames notamment, où il en existait des milliers de mètres cubes.

M. Bradfer discute également le mode de formation de l'alias et de l'ortstein et, contrairement à l'opinion adoptée, il déclare ne pas croire que ces concrétionnements se forment dans la limite de balancement des eaux de la nappe phréatique.

Il est possible que l'opinion adoptée ne représente pas toujours l'exacte vérité, mais la dissertation de l'auteur ne paraît pas suffisante pour faire adopter une autre opinion.

M. Rutot croit donc qu'avant d'imprimer le travail de M. Bradfer dans le *Bulletin*, — impression qui est toutefois admise en principe, — il y aurait lieu d'engager l'auteur à revoir quelque peu certains points de la partie géologique de son travail.

Comme suite à la communication qu'il a eu l'honneur de faire à la séance de la Société du 21 octobre 1902 sous le titre : *Quelques mots au sujet de l'hydrologie de la Côte belge*, le baron O. VAN ERTBORN la complète par une nouvelle notice, intitulée : **La question des eaux alimentaires dans les régions dunales et poldériennes du Littoral belge.**

Cette zone côtière, occupée par plus de 250,000 habitants, se trouve dans les conditions les plus fâcheuses au point de vue des eaux alimentaires et n'a d'autres ressources que les eaux pluviales captées dans des citernes. Tel est, d'ailleurs, le cas dans tous les polders.

Le Ministère de l'Agriculture a publié le résultat d'une enquête sur les eaux alimentaires en Belgique, due à M. J.-B. André, ingénieur, inspecteur de ce Département. Ce travail, très documenté, a permis à M. van Ertborn d'y puiser de nombreux renseignements sur la question des eaux de la région côtière.

Enfin il fut encore parlé en ces derniers temps, dans une séance de la Société des Ingénieurs, du drainage des dunes, système qui donne de bons résultats dans d'autres pays; malheureusement cette zone est fort réduite en Belgique, et M. van Ertborn craint qu'une fois les *réserves* épuisées, on n'éprouve de fâcheux mécomptes. Le but utilitaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie ne peut être mieux atteint qu'en signalant ces aléas aux communes intéressées.

Dans le même ordre d'idées, M. VAN ERTBORN fait une seconde communication au sujet des **niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost**. Le forage d'un puits artésien dans la teinturerie de MM. Moens frères, en cette ville, lui a permis de faire la revision du travail de M. le Dr Raeymaekers sur le même sujet (1).

L'auteur précité n'ayant eu que des renseignements de seconde main, il arriva, ce qui se produit toujours dans les cas analogues, que plusieurs d'entre eux manquent de précision.

M. van Ertborn croit donc rendre service aux habitants de la ville

(1) *Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XXV^{bis}, in-4^e, p. 45, avec plan de la ville d'Alost au 10 000^e, 1900.

d'Alost en les édifiant sur la question des eaux alimentaires et industrielles du sous-sol.

Des mécomptes coûteux furent constatés à ce sujet dans ce centre industriel.

La Société belge de Géologie et d'Hydrologie, en publiant ces observations, rentre dans son rôle d'utilité pratique en indiquant la marche à suivre pour éviter des sacrifices inutiles.

La coupe du puits artésien de MM. Moens frères accompagne la note; le puits est profond de 204 mètres.

Le baron VAN ERTBORN présente la **Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer**, ainsi que de la partie de la Flandre en contact immédiat avec la rive gauche de l'Escaut.

Cette Carte est basée sur les nombreux sondages et sur les levés géologiques que l'auteur fit, il y a vingt-cinq ans, en collaboration avec M. P. Cogels, rectifiés toutefois d'après les progrès de la science.

Elle est accompagnée de deux diagrammes : l'un donnant la coupe Ouest-Est du plateau du Limbourg par 50°57' de latitude; l'autre la coupe Nord-Sud à partir de ce parallèle jusqu'à Utrecht, en passant par Turnhout et Merxplas.

Cette dernière coupe fait voir les sables et les argiles qui occupent le faite de partage des bassins actuels de la Meuse et de l'Escaut, reposant sur l'étage poederlien, comme l'étage amstélien de MM. Lorié et Harmer dans le sous-sol de la Hollande centrale. M. van Ertborn en conclut que les couches fluviatiles en question sont de même âge que les dépôts marins amstéliens, rencontrés par le sondage d'Utrecht. L'auteur désigne cet étage, en Belgique, sous le nom d'Amstelo-Moséen, pour rappeler son origine fluviatile.

Ces sables occupent dans le Nord du Limbourg et de la province d'Anvers à peu près la même zone que celle que Dumont assigne sur sa Carte au Bolderien dans cette région.

Il faut en conclure que l'illustre géologue fut trompé par les apparences minéralogiques et les aura assimilés ainsi aux sables inférieurs de la colline de Bolder; enfin, que les argiles lui restèrent inconnues.

La séance est levée à 11 heures.

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE
DU 21 AVRIL 1905.

Les observations sismiques en France.

Voici le texte de la lettre adressée le 30 mars 1905 par M. le professeur *W. Kilian* à notre Secrétaire général et dont il est question à la page 150 du procès-verbal qui précède.

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Grenoble, le 30 mars 1905.

—
FACULTÉ DES SCIENCES
de Grenoble

LABORATOIRE
DE GÉOLOGIE ET DE MINÉRALOGIE

—
MONSIEUR,

J'ai l'honneur de vous faire connaître qu'à dater de ce jour, je cesse d'assurer le service du sismographe que j'avais fait installer à l'Université de Grenoble. Les crédits affectés à la chaire de Géologie sont destinés aux frais du cours et à l'entretien des collections, et, vu leur chiffre très restreint, je ne puis plus en consacrer une partie à des observations sismologiques. Je n'ai d'ailleurs pas obtenu pour cet objet un crédit spécial demandé à la fin de l'exercice 1902. Je cesse donc, à mon grand regret, de m'occuper du sismographe de Grenoble.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de mes sentiments très distingués.

W. KILIAN.

Ayant transmis cette déplorable nouvelle à un collègue et ami, M. *Eug. Lagrange*, ce dernier a fait paraître dans le n° 4 du 16 avril de *Ciel et Terre* la note suivante, dont la reproduction dans le présent recueil a été décidée par l'Assemblée.

La station sismologique de Grenoble.

Les études sismiques ne trouvent pas, en France, le soutien du Gouvernement, ni même l'appui de corps savants constitués. C'est là un fait bien regrettable, en présence de l'importance croissante que l'on attache, à juste titre, à ces études dans les pays de haute culture scientifique. La réunion officielle à laquelle le Gouvernement allemand a convié les membres de la Commission sismique internationale, et qui doit se tenir en juillet prochain à Strasbourg, est une preuve bien décisive et comme une consécration nouvelle de cette importance. Que penser, dans ces circonstances, de la suppression de la *seule* station sismique existant en France, créée grâce au talent et au dévouement de M. le professeur Kilian, à l'Université de Grenoble? Cette suppression est amenée, paraît-il, par une question budgétaire. Cela paraît incompréhensible, car la dépense annuelle afférente à une semblable station, si on la réduit bien entendu au minimum indispensable, ne peut dépasser quelques centaines de francs. Nous espérons que le Gouvernement français, ému de cette situation, ne permettra pas que les efforts et le dévouement de M. le professeur Kilian n'aient pas servi la cause du progrès scientifique, ou bien qu'un généreux mécène, comme nous en avons trouvé chez nous, se présentera comme un sauveur en assumant les charges de cette création scientifique.

E. LAGRANGE.

Or, au moment où paraissaient ces lignes, voici comment M. A. de Lapparent, de l'Institut, terminait une *Étude sur les frémissements de l'écorce terrestre* publiée ces jours-ci dans le *Correspondant*, étude montrant la haute utilité pratique des études sismiques et microsismiques.

Si nous avons tant insisté sur ces considérations, c'est que notre pays, à l'heure actuelle, est encore resté en dehors du mouvement dont MM. Milne, von Rebeur-Paschwitz et Gerland ont été les initiateurs. Dans toute la France, il n'y a qu'un seul appareil qui soit disposé pour l'étude systématique des vibrations terrestres : c'est celui que M. Kilian, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, a installé dans son laboratoire de Géologie. Encore est-il loin de répondre aux exigences. Pendant ce temps, l'Association britannique a opéré des merveilles, et le Gouvernement allemand a donné à l'Université de Strasbourg près de 90,000 francs pour la construction d'un Institut sismologique, dont la dotation annuelle dépassera 6,000 francs. De même, en Belgique, la générosité du grand industriel, M. Solvay, a permis l'organisation, à Uccle, près Bruxelles, d'une station géophysique où les mêmes observations sont poursuivies.

En demeurant dans son inertie actuelle, la France ne faillirait pas

seulement à ses belles traditions du passé, qui lui faisaient un devoir de prendre la tête de tous les progrès scientifiques; elle méconnaîtrait aussi un de ses plus pressants intérêts. Si le sol de la vieille Gaule paraît peu menacé par les convulsions de l'écorce terrestre, nous avons un empire colonial tout particulièrement exposé à ce genre de péril. C'est donc une obligation pour nous d'en bien étudier les manifestations; et cette étude ne peut donner tous ses fruits que si la terre entière se couvre, sans lacunes, d'un réseau bien combiné de stations sismologiques. Puissent les pouvoirs publics le comprendre, et trouver enfin le courage de rogner, sur les innombrables sinécures dont la cupidité des politiciens a encombré nos administrations, les quelques billets de mille francs qui assureraient la coopération de la France à une œuvre d'utilité universelle!

Et dire que c'est au moment même où l'une des voix les plus autorisées de la Science française réclame avec tant de raison des encouragements pour les études sismiques que l'on a la douleur et la mortification de constater qu'à défaut de quelques centaines de francs, il faut voir se fermer le seul observatoire sismique que possédât la France!

La *Société géologique de France* s'est émue à bon droit d'une telle situation, et dans le compte rendu sommaire de la séance du 20 avril dernier, nous lisons les paragraphes suivants :

M. Mémin, secrétaire, prend la parole en ces termes :

Dans une de nos dernières séances, M. de Lapparent terminait une intéressante communication sur les tremblements de terre, par ces mots : « Il serait grandement à désirer que la France, où il n'existe encore que le seul observatoire sismique établi à Grenoble par M. Kilian, ne restât pas à l'écart de cet important mouvement scientifique, dont le Japon, l'Angleterre et l'Allemagne ont pris la tête. » Le vœu de M. Lapparent ne paraît malheureusement pas devoir être réalisé de si tôt, si l'on en juge par la lettre suivante, que m'adresse M. Kilian.

Suit le texte d'une lettre de M. *Kilian*, analogue à celle adressée à M. Van den Broeck.

Les paragraphes ci-après font suite à cette communication :

M. de Lapparent offre à la Société un numéro du *Journal des Savants* (avril 1903), où il a publié un article sur le *Progrès des études sismologiques*. C'est seulement lorsque cet article était tiré que M. de Lapparent a eu connaissance de la résolution que M. Kilian a dû prendre, devant le refus persistant des subsides qu'il avait sollicités.

Ainsi disparaît la seule station sismologique qu'il y eût en France. Il est

profondément regrettable que notre pays se tienne à l'écart d'un mouvement où l'entente internationale, notamment celle établie par l'Association britannique, a déjà produit de si heureux résultats.

Si la France a, pour son territoire, peu de chose à redouter de l'activité sismique, en revanche sa position, aux antipodes de la fosse profonde qui borde au large la Nouvelle-Zélande, lui permettrait de concourir très utilement à l'étude des mouvements qui surviennent dans le Pacifique Sud-Ouest. On ne saurait trop désirer de voir l'attention des hommes de science et celle des pouvoirs publics se porter de ce côté.

Le Président se fait l'interprète de la Société géologique pour exprimer les regrets que lui cause la lettre de M. Kilian. Il est vraiment fâcheux que les Universités, aujourd'hui prospères, ne s'intéressent pas aux études sismologiques. Les crédits nécessaires au fonctionnement des observatoires sismologiques ne sont pas très considérables, et M. de Laparent nous a montré tout récemment l'importance des études sur les tremblements de terre tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique. Un exemplaire du compte rendu de la séance sera adressé à M. le Président du Conseil de l'Université de Grenoble.

Notre *Société belge de Géologie*, conformément aux décisions prises en séance, se joint de tout cœur et avec énergie aux protestations de la *Société géologique de France* et cherchera, par tous les moyens en son pouvoir, à contribuer chez nos voisins et amis de France à faire rendre à l'étude de la sismologie le légitime hommage et les nécessaires encouragements que réclame, dans un intérêt général et même mondial, cette importante étude, dont l'abandon, en France, l'isolerait fâcheusement, à ce point de vue, du reste du monde civilisé.

Le Conseil de l'Université de Grenoble recevra communication des espérances que fonde la Société belge de Géologie sur une compréhension plus claire des graves intérêts scientifiques qui seraient compromis par le maintien d'une mesure absolument inadmissible pour l'honneur de la France.

Le Secrétaire général,

E. VAN DEN BROECK.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

G.-F. DOLLFUS et PH. DAUTZENBERG. — **Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécypodes.** (Pl. I à V, *Mémoires de la Société géologique de France*, t. X, fascicules 2-5; Mémoire n° 27.)

MM. Dollfus et Dautzenberg viennent de faire paraître le premier fascicule d'un travail fort important, consacré aux terrains miocènes du bassin de la Loire. Bien que les faluns helvétiques de cette région soient célèbres pour la richesse de la faune qu'ils renferment et qu'ils aient fourni des fossiles à tous les musées de l'Europe, ils n'ont jamais été, jusqu'à ces derniers temps, l'objet d'un travail d'ensemble un peu complet. En laissant de côté le mémoire, déjà ancien, de Dujardin, nous ne connaissons, comme étude récente de cette région, que celle de MM. Ivolas et Peyrot (1).

La livraison que viennent de publier MM. Dollfus et Dautzenberg peut être considérée comme un modèle du genre. Étant donnée l'étendue du labeur à exécuter, on ne peut se défendre d'une sincère admiration pour le résultat obtenu et souhaiter que ces auteurs puissent mener leur œuvre à bonne fin.

Le mémoire est illustré de belles phototypies qui font le plus grand honneur à la maison Sohier, et grâce auxquelles on peut mettre rapidement un nom sur les fossiles de la région étudiée. La phototypie est un excellent procédé pour la représentation des fossiles, mais à condition qu'elle soit exécutée, comme ici, avec tout le soin désirable. Or il est loin d'en être ainsi la plupart du temps, et les détails, si importants, des figures sont parfois noyés dans une ombre confuse et par suite indistincts.

Les auteurs se sont occupés, dans cette première livraison, des Pélécypodes du groupe des *Syphonida*. La classification dont ils se sont

(1) J. IVOLAS et A. PEYROT, *Contribution à l'étude paléontologique des faluns de la Touraine.* (SOC. LINN. DE BORDEAUX, t. LV.)

servis n'est peut-être pas tout à fait en rapport avec l'état actuel de la Conchyliologie, mais, sans doute, MM. Dollfus et Dautzenberg ont eu leurs raisons pour agir ainsi.

Nous ne relevons que deux espèces nouvelles sur les trente-quatre qui sont étudiées. Ce sont *Triumphalia Bonneti* et *Gastrochaena lata*. Nous constatons, avec plaisir, que chaque espèce a été figurée de nouveau, ce qui rend un très réel service aux chercheurs en leur évitant l'achat d'un grand nombre de mémoires souvent anciens, rares et fort coûteux. Dans bien des cas, l'origine de chaque forme a été recherchée avec un soin scrupuleux, et nous pouvons voir quelles ont été ses transformations successives jusqu'à l'époque actuelle. Il serait peut-être possible de représenter ces transformations par deux courbes, dont l'une correspondrait au développement dans le temps et l'autre au développement dans l'espace. J'ai employé ce procédé pour des espèces de l'Aquitaine, et j'ai souvent obtenu des résultats intéressants. Il est curieux, par exemple, de voir apparaître *Lucina columbella* Lk dans le calcaire à Astéries, par de petits échantillons qui se retrouvent, en plus grand nombre, dans l'Aquitainien, alors qu'ils disparaissent ou deviennent extrêmement rares dans le Burdigalien inférieur et moyen, pour revenir, considérablement développés en taille et en nombre, dans le Burdigalien supérieur. Il est également intéressant de voir de petits exemplaires de *Volutifusus Lamberti* Sow. dans le Burdigalien moyen de Laguës (Gironde), ce même fossile étant abondamment représenté dans les terrains plus récents des environs d'Anvers. Les courbes ont l'avantage de préciser les faits, et des faits de ce genre valent la peine d'être étudiés, car ils peuvent donner des renseignements sur l'établissement des courants.

La synonymie est extraordinairement riche dans le consciencieux travail que nous venons d'étudier, et elle témoigne d'un labeur considérable de la part des auteurs. Pour la *Corbula (Agina) gibba* Olivi, prise au hasard, elle n'est pas représentée par moins de 148 citations.

Il semble que tant que chaque espèce ne sera pas représentée par une fiche, telle que celles de la *Paleontologia universalis*, par exemple, il semble bien, dis-je, que les nouvelles descriptions de types déjà connus ne pourront, malheureusement, que se multiplier de plus en plus. La nécessité des recherches bibliographiques s'impose en un temps où les travaux scientifiques deviennent chaque jour plus nombreux. On sait la confusion à laquelle on est arrivé, par exemple, il y a quelque temps, en Cytologie.

Nous sommes d'autant plus heureux de saluer l'apparition du beau

travail de MM. Dollfus et Dautzenberg que l'on n'attache pas suffisamment d'importance à la Paléontologie, surtout lorsqu'il s'agit des terrains tertiaires. Quelques stratigraphes ont prétendu avoir été induits en erreur par les fossiles; c'est sûrement qu'ils ne les connaissaient pas suffisamment.

Il ne faut pas considérer seulement les espèces caractéristiques, mais aussi et surtout l'ensemble de la faune et le degré d'abondance des individus. Les variétés ont également leur importance, et le jour où on connaîtra la cause des variations, si nombreuses dans les fossiles tertiaires, on aura, du même coup, apporté une contribution précieuse à la connaissance des anciennes conditions d'existence et, par suite, à la géographie des différentes époques, ce qui, en somme, est le but principal de nos études. Le développement ontogénétique a également une grande importance, puisqu'il résume le développement phylogénétique; aussi est-ce à juste raison que M. Cossmann lui accorde une si grande place dans ses intéressants travaux (1). Enfin, les paléontologistes eux-mêmes devraient suivre de plus près les travaux des zoologistes et les résultats de l'anatomie comparée.

MM. Dollfus et Dautzenberg nous promettent pour la fin de leur travail des considérations stratigraphiques détaillées. Nous les attendons avec intérêt, mais nous pouvons déjà parler des notions générales qui se trouvent en tête de ce premier fascicule.

Depuis la thèse de M. Vasseur (2), thèse qui réalisait un si grand progrès, la connaissance du Tertiaire de l'Ouest de la France a considérablement augmenté. Nous en voyons la preuve dans le travail que nous analysons.

Les auteurs étudient seulement le Falunien (Helvétien), qui se rapporte à une période parfaitement bien déterminée, dans le bassin de la Loire. Cet étage correspond à une vaste incursion marine qui, pénétrant par la côte Nord de la Bretagne, descendit dans l'Ille-et-Vilaine et recouvrit la Mayenne, le Maine-et-Loire, la Loire-Inférieure, la Vienne, l'Indre-et-Loire, le Loir-et-Cher, ainsi qu'une partie considérable de l'Aquitaine. Pour le bassin de la Loire, elle remplit un golfe limité par la courbe d'altitude de 120 mètres et dont la carte a été faite par M. Dollfus (3).

(1) M. COSSMANN, *Essais de Paléoconchologie comparée*.

(2) VASSEUR, *Terrains tertiaires de la France occidentale*. (ANN. SCIENCES GÉOL., t. XVI.)

(3) G. DOLLFUS, *Des derniers mouvements du sol dans le bassin de la Seine et de la Loire*. (COMPTE RENDU DU CONGRÈS GÉOL. INTERN., 1900, 1^{er} vol.)

Les couches de falun ravinent partout les assises sous-jacentes : la transgression est donc des plus nettes. Les dépôts marins ont succédé aux formations qui se sont produites dans le grand lac d'eau douce qui a déposé les couches aquitaniennes et au bord duquel il est bien prouvé maintenant que l'homme, ou le préhomme, a vécu.

Il y a deux facies à distinguer dans l'Helvétien du bassin de la Loire : le *Pontilévien*, nettement littoral et composé de sables quartzeux et calcaireux grossiers, avec lits de galets et bancs de coquilles roulées et brisées, formant des strates à couches souvent obliques et entrecroisées, et le *Savignéen*, constitué par des débris d'animaux inférieurs avec fragments d'Echinodermes, de Mollusques, de Polypiers et déposés sous 20 à 50 mètres d'eau. Les dépôts correspondant à ce facies occupent la région centrale du bassin, en formant de longues traînées dirigées Ouest-Est.

Ces faluns, si bien délimités à leur base, le sont moins bien à leur partie supérieure, car ils sont surmontés et ravinés par des sables calcaireux, fins, et correspondant à une mer d'amplitude beaucoup moindre. Cette mer avait abandonné le fond du bassin et ne dépassait pas le Maine à l'Est, tandis qu'à l'Ouest, elle couvrait la Vendée et se trouvait limitée, pour la Bretagne, par une ligne allant de Noirmoutiers au Cotentin. Les dépôts dus à cette mer forment le Redonien de Dollfus, qui correspond à la partie supérieure du Tortonien et ne sont pas étudiés ici.

La classification par laquelle les auteurs terminent ces considérations générales est la suivante :

TERTIAIRE.	NÉOGÈNE.	{	PLIOCÈNE.	{	Supérieur. <i>Redonien</i> (G. Dollfus, 1899) = <i>Tortonien</i> (pars).
					Moyen, <i>Falunien</i> (D'Orbigny, 1851) = <i>Helvétien</i> (Mayer-Eymar) (pars).
					Inférieur. <i>Burdigalien</i> (Depéret, 1892) = <i>Langhien</i> (Pareto).
	ÉOÈNE.	{	OLIGOCÈNE.	{	<i>Aquitaniien</i> (Mayer, 1857).
					<i>Tongrien</i> .

Remarquons d'abord que les auteurs placent l'Aquitaniien dans l'Éogène, ce qui est parfaitement justifié pour la Touraine, mais ce qui ne l'est pas du tout pour l'Aquitaine, par exemple, où les couches

aquitaniennes supérieures sont si intimement liées au Burdigalien inférieur, que M. E. Fallot (1) a pu proposer la classification suivante :

NÉOGÈNE	{	Pliocène.
		Miocène.
		Oligocène (<i>Aquitainien</i>).
ÉOÈNE	{	Oligocène (<i>Tongrien</i>).
		Éocène.

Le terme *Burdigalien* est devenu d'usage courant, le *Langhien* ne correspondant pas aux couches miocènes des environs de Bordeaux. D'autre part, ces couches étant à quelques kilomètres de la ville, on ne voit pas pourquoi elles ne pourraient pas en porter le nom, contrairement à ce qui a été dit.

Quant au terme de Falunien, il n'est pas heureux, surtout lorsque les dépôts auxquels il correspond sont ainsi réduits. En effet, il y a des faluns aussi importants que ceux de la Touraine dans le Miocène inférieur. Il vaut mieux prendre le nom d'une localité. M. Cossmann (2), après Mayer-Eymar, propose le nom de *Grundien*. Les autres subdivisions conviennent parfaitement pour le bassin de la Loire.

Ces considérations générales sont suivies de la description de chaque gisement, description dans le détail de laquelle nous ne pouvons pas entrer ici.

Il nous semble, en résumé, que le travail de MM. Dollfus et Dautzenberg est des plus remarquables. Il est le fruit d'un long labeur; les auteurs estiment à 5 500 le nombre des publications traitant du sujet qui les intéresse. Nous espérons qu'ils n'en resteront pas à cette première livraison et que nous aurons, sous peu, l'occasion d'en étudier la suite.

GEORGES ENGERRAND.

(1) E. FALLLOT, *Notice relative à une carte géologique des environs de Bordeaux*. Bordeaux, Gounouilhor, 1895.

(2) *Revue critique de Paléozoologie*, avril 1903.

MIRON. — Gisements miniers. Stratification et composition.
(*Encyclopédie scientifique des aides-mémoire.*) Gauthier-Villars, Manon et C^{ie}, Paris.

Le petit livre que vient de publier M. Miron n'est pas une étude de science transcendante : c'est un guide essentiellement pratique et destiné surtout aux personnes s'occupant de prospection minière.

L'auteur n'a voulu parler dans ce petit traité que des minerais métalliques proprement dits. Il passe successivement en revue les différents métaux, dont il décrit les principaux gîtes. La description de ceux-ci est présentée sans longueurs, mais fournit cependant toutes les données indispensables ou même simplement utiles. On y rencontre des renseignements précieux sur la nature des filons ou des gîtes et sur l'orientation de ceux-ci, et aussi des données intéressantes sur les roches encaissantes; les différents minerais sont bien décrits et souvent accompagnés d'une analyse quantitative. La plupart des descriptions sont suivies d'une bibliographie.

Nous pensons que ce livre ne peut manquer de rendre des services sérieux, tant aux explorateurs qu'aux personnes qui désirent se rendre compte très rapidement des différents gîtes se rapportant à un métal déterminé.

G. S.

MAURICE LECOMTE-DENIS, ingénieur civil des mines. — La prospection des mines et leur mise en valeur. Préface de M. Haton de la Goupillière. Grand in-8°, xv-551 pages; prix : 20 francs. Paris, Schleicher frères et C^{ie}, 1905.

« L'étudiant en médecine qui possède l'anatomie, la physiologie, la pharmacie, etc., est-il déjà un médecin? Pas encore. Il lui faut, au préalable, effectuer un travail dans lequel se fondront toutes ces sciences en se pénétrant mutuellement, de manière à constituer l'art médical. Une longue fréquentation clinique lui sera pour cela nécessaire. Mais, dans les hôpitaux, il aura encore des professeurs; les maîtres les plus illustres lui feront, au chevet des malades, des leçons inspirées par les circonstances.

» Le jeune prospecteur, au contraire, reste seul sur le terrain. Plus de maîtres, plus de bibliothèque, plus de guide pour préparer dans son esprit les rapprochements mutuels de ses diverses connaissances, d'où devra sortir ce fruit rare : l'expérience. » (Préface de M. Haton de la Goupillière.)

Omnis claudicat comparatio. Ce n'est pas à l'étudiant du doctorat en médecine qu'il faut comparer le jeune ingénieur mis, au sortir de l'école, face à face avec les difficultés des études préliminaires des gisements miniers. L'élève-ingénieur des mines assiste aussi à des leçons pratiques, comparables à l'enseignement de la clinique : ce sont les études sur le terrain, les excursions qu'il fait sous la conduite de son professeur de Géologie.

Pas plus que l'art de diagnostiquer les maladies, l'art de *voir clair sur le terrain* ne s'apprend dans l'auditoire ni dans le musée de l'École.

Une fois muni de son diplôme et investi de la confiance d'un capitaliste, l'ingénieur des mines est comme le jeune médecin qui, du jour au lendemain, échangeant le béret d'étudiant contre le haut de forme doctoral, se voit mettre entre les mains la santé et la vie de ses semblables.

Mais il y a entre le médecin et l'ingénieur une différence notable. Si le premier se trompe dans son diagnostic ou institue un traitement à rebours, personne, en général, ne s'en rend compte, et si des médecins plus autorisés sont appelés à intervenir, ils se savent eux-mêmes trop sujets à l'erreur pour accabler un confrère malchanceux.

Tout autre est la situation de l'ingénieur qui s'est prononcé sur la valeur d'un gisement. La mise en exploitation d'une mine qu'il a recommandée en livre, au grand jour, une autopsie accessible à tous, et ses erreurs se chiffrent en bel et bon argent. Un banquier sera sans rancune pour un médecin qui n'a pu sauver un de ses proches, mais il ne pardonnera pas à l'ingénieur-prospecteur dont les rapports l'auront amené à faire un placement désastreux. Tandis que l'ignorance d'un médocastre se déguise aisément, l'inexpérience du prospecteur se traduit en chiffres dans les comptes de profits et pertes.

L'étude préparatoire des gisements miniers est une matière d'une extrême délicatesse. Quand il s'agit de prospection proprement dite, c'est-à-dire de l'appréciation d'un gîte non encore attaqué, l'étude se ramène à une pure question de Géologie : il s'agit de *se rendre compte de ce qu'on ne voit pas par l'examen de ce qu'on voit*. Le meilleur prospecteur que l'on puisse trouver est donc encore un bon géologue, un homme rompu, sur le terrain plus que dans le cabinet, à l'étude des minéraux, des roches, des terrains et des dislocations. Et pour devenir un bon géologue et, partant, un excellent prospecteur, il faut posséder, avant tout : 1° des connaissances scientifiques préalables, 2° une bonne dose d'énergie physique et 3° énormément de bon sens. Avec ces trois conditions et beaucoup de pratique, l'ingénieur pourra devenir un parfait prospecteur.

Dans les années de grande prospérité industrielle, l'article prospecteur est très demandé sur le marché et des légions de « spécialistes » se lèvent, on ne sait d'où, pour répondre aux demandes des capitalistes. La plupart n'ont fait aucune des études préparatoires à ce métier difficile, et leur expérience du terrain se réduit, le plus souvent, à la connaissance de l'asphalte des boulevards et du marbre des tables de cafés. N'importe, ils se rendent sur les lieux et font des rapports. La lecture du répertoire des sociétés anonymes belges nous apprend ce que deviennent bientôt les exploitations minières entreprises dans ces conditions.

On a édité, dans ces dernières années et dans diverses langues, un certain nombre de « manuels du prospecteur » dont les auteurs ont la prétention de condenser, en un petit nombre de pages, l'ensemble des connaissances nécessaires à celui qui désire faire l'étude préalable de tous les genres de mines. Cette tâche difficile est ainsi « mise à la portée de tout le monde »; en achetant un des manuels en question, on devient un prospecteur consommé, de même qu'on devient entomologiste en acquérant le manuel du collectionneur de papillons.

C'est dans un esprit absolument différent qu'est conçu l'ouvrage de M. *Lecomte-Denis*, que vient de publier la librairie Schleicher.

Ce livre ne s'adresse qu'aux ingénieurs des mines, c'est-à-dire à des gens possédant déjà les connaissances préalables auxquelles nous faisons allusion plus haut.

C'est le traité le plus complet et, disons-le, le meilleur que l'on ait fait jusqu'ici sur l'art de la prospection. Mais, nous pouvons le répéter, il n'est pas entré dans la pensée de l'auteur d'écrire un livre dont la lecture seule, indépendamment de toute étude antérieure, puisse créer des prospecteurs accomplis. C'est un guide, un vade-mecum et, dans certaines parties, un aide-mémoire destiné à l'ingénieur des mines qui, muni d'un fonds scientifique important, doué de l'énergie physique et du bon sens requis, se consacre aux reconnaissances minières.

Des chapitres spéciaux, certains paragraphes d'autres chapitres et quelques tableaux sont destinés au rappel de données minéralogiques et géologiques indispensables.

Nous ne pouvons blâmer l'auteur d'avoir consacré un assez grand nombre de pages à ces données. Ce sont là, dira-t-on, des choses que l'ingénieur est censé savoir. Oui, ajouterons-nous, mais qu'il a généralement un peu oubliées. On peut être un excellent ingénieur des mines et avoir perdu de vue, quelques années après la sortie de l'École, la composition précise des cuivres gris ou des argents noirs, la différence

exacte entre les Liparites et les Trachytes ou les noms des fossiles caractéristiques du Zechstein. Nous ne pensons pas qu'il soit superflu de rappeler ces faits fondamentaux dans un ouvrage sur la prospection, de même que, dans un traité sur le diagnostic des maladies du cerveau, on commencera par rappeler les points principaux de l'anatomie des centres nerveux.

Un chapitre (chap. I) est consacré à des généralités sur les prospections, et le suivant à la *Prospection proprement dite*. Le chapitre II renferme une grande quantité de conseils pratiques excellents qui supposent, évidemment, la connaissance préalable de la Minéralogie, de la Pétrographie et de la Tectonique générale. Nous eussions aimé voir certains paragraphes être un peu plus développés et accompagnés de croquis plus nombreux.

Ce chapitre II et les chapitres de V à IX sont les parties essentielles de l'ouvrage. Ces derniers sont consacrés à des données sur l'étude des gîtes de combustibles (charbons, pétroles, etc.) et de ceux de minerais de fer, cuivre, zinc et plomb. Ces gîtes sont, somme toute, de beaucoup les plus importants. L'auteur laisse de côté les autres métaux et la plupart des gîtes minéraux. Il n'aurait pu les traiter qu'en donnant à son ouvrage des dimensions exagérées, et, d'ailleurs, quiconque est bien pénétré des principes exposés dans les chapitres V à IX et dans les chapitres généraux et les a mis en pratique sur le terrain, ne rencontrera aucune difficulté dans la prospection des gîtes de n'importe quelle nature.

Des chapitres spéciaux traitent des travaux de recherche et de mise en valeur, du rapport de mission, de l'achat et de la vente des mines et des décrets et règlements miniers. Nous appelons surtout l'attention sur le chapitre XII : *Rapport de mission* (Évaluation et étude complète du gisement), où l'auteur donne au prospecteur de peu d'expérience un grand nombre d'excellents conseils, que l'on ne trouve généralement nulle part. Les pseudo-prospecteurs liront avec avantage le paragraphe 151 : *Responsabilité possible*.

En somme, la lecture de l'ouvrage de M. Lecomte-Denis est recommandable aux ingénieurs, possédant déjà des connaissances générales sérieuses, qui se disposent à pénétrer sur le terrain, riche en fondrières, des prospections de mines. Après l'avoir lu, ils l'emporteront dans leurs voyages d'études pour le consulter à l'occasion.

J. CORNET,

Professeur à l'École des Mines de Mons.

Le bassin houiller de la Campine.

Notre sympathique confrère M. J. Kersten vient de publier dans les *Annales des Mines* un mémoire sur le bassin houiller de la Campine (1). Ce travail est accompagné de deux cartes à l'échelle du 160 000^e.

La première donne l'*allure hypothétique du terrain houiller en Campine*. Elle porte les points de sondage et les courbes du niveau probable occupé par le toit du Houiller dans cette région. La seconde porte le même titre, mais sur celle-ci sont indiquées les teneurs des couches en matières volatiles et les failles probables qu'elles paraissent révéler.

Dans son travail, l'auteur délimite le bassin houiller et rappelle que les sondages de Lanaeken et de Hoesselt, en Limbourg, et de Kessel lez-Lierre ont donné des résultats négatifs. En ce dernier point, à la cote — 600 environ, on a rencontré le Carbonifère, épais de 40 mètres, reposant sur le Devonien.

Passant aux *morts-terrains*, M. Kersten nous dit que leur puissance a varié de 406 mètres, près de la Meuse, à 775 mètres, dans la province d'Anvers, donnant pour moyenne 554 mètres en Limbourg, 665^m,6 dans la province d'Anvers et pour moyenne générale 553 mètres (2).

L'auteur parle ensuite d'un fait des plus intéressants au point de vue géologique : celui des grès rouges atteints sous le Crétacique à Eelen,

(1) MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL. *Annales des Mines de Belgique*. Année 1903, t. VIII, 1^{re} liv. *Le bassin houiller de la Campine*, par J. KERSTEN, inspecteur général des charbonnages patronnés par la Société générale pour favoriser l'industrie nationale.

(2) L'auteur rappelle aussi que les *morts-terrains*, loin de se relever dans la province d'Anvers, comme on l'avait cru d'abord, s'y infléchissent au contraire. On peut se demander ce qui a donné lieu à cette croyance. Il y a vingt-cinq ans que nous publions des coupes de sondages qui prouvent absolument le contraire. Entre autres à Aertselaer, Solhof, Anvers, Malines, Aerschot, Westerloo, Zeelhem lez-Diest, Kermpt lez-Hasselt, etc. De toutes ces coupes, voisines du bord méridional du bassin houiller, on peut déduire le niveau probable du toit du Primaire dans la direction du Nord et la puissance et la nature des morts terrains à 5 % près. Nous ne fûmes jamais consulté que par MM. Cavalier et Villain, membres de la Société. Il y a quatre ans, donc avant la découverte du Houiller en Campine, que nous nous évertuons à dire que la Carte géologique du Limbourg, au Nord du Démer, est absolument inexacte en indiquant le relèvement des étages bolderien et rupelien vers le Nord. Tous les faits constatés depuis ont confirmé notre manière de voir, *pas un seul* ne l'a infirmée.

Nous savions aussi, par suite d'un tiers de siècle d'expérience, que plus on s'avance vers l'Ouest, moins les couches sont aquifères et plus elles sont argileuses.

à Opglabbeek, à Gruitrode, à Donderslag et à Meeuwen. En ces deux derniers points, leur puissance est réduite respectivement à 15 et à 8 mètres. Leur âge est encore indéterminé; on est tenté de les rapporter à la partie inférieure du Triasique. On a conclu, d'après quelques fossiles recueillis dans les forages, que le bassin houiller de la Campine appartient à l'étage westphalien, comme celui du Sud de la Belgique, du Nord de la France et de l'Angleterre. On a donc rencontré la même série de couches, donnant à la partie supérieure des charbons très riches en matières volatiles (45 %). Plus bas, en dessous du faisceau des combustibles à 25 % de matières volatiles, se trouve une stampe stérile qui peut atteindre 190 mètres, recouvrant les houilles à 21 %; puis une seconde stampe stérile de 150 mètres, recouvrant les combustibles maigres. Le faisceau le plus riche est de loin le supérieur.

Jusqu'à présent, M. Kersten estime le nombre des couches exploitables à trente-sept. L'étendue reconnue du bassin s'élève à ce jour à 80,000 hectares, occupant une zone de 77 kilomètres de longueur sur 9 à 12 kilomètres de largeur. L'endroit le plus riche paraît être Asch, en Limbourg. L'auteur expose ensuite les indices de grandes failles observés jusqu'à présent. Il en arrive aux conclusions qui permettent d'augurer de la valeur industrielle du nouveau bassin houiller. Des sources jaillissantes ont été rencontrées en certains points (1); en d'autres, les niveaux perméables sont en contact direct avec le Houiller. Ces niveaux aquifères peuvent constituer des obstacles sérieux au fonçage des puits, tout au moins au point de vue financier. La richesse des dépôts est très variable; dans la région occidentale, on a constaté que la puissance utile en charbon exploitable n'était que de 1.5 % de la masse totale des roches, soit la moitié de celle de l'ancien bassin belge.

Suivent 120 pages de documents parlementaires et annexes, plus une carte des concessions demandées et des zones *réservées* en projet. Ces questions, étant d'ordre purement économique, ne rentrent pas dans le cadre des études de la Société; nous nous abstiendrons d'en parler, pour en arriver aux coupes de sondages, au nombre de quinze, que nous avons résumées dans le tableau que nous reproduisons aux pages 158-159, et auquel nous prions le lecteur de se reporter.

Les données relatives au Houiller sont des plus précises et du plus haut intérêt; celles concernant le Crétacique n'ont pas la même précision, et il est des sondages où le niveau occupé par son toit est

(1) Westerloo, Santhoven, Norderwyck, Beeringen, etc.

bien incertain. Quant à la série tertiaire, elle présente en apparence de singulières anomalies. Hâtons-nous de le dire, la faute n'en est pas aux géologues chargés de les déterminer, mais bien au mode de sondage employé. Ce fut un vrai concours de vitesse, et personne ne se hasarderait à entreprendre une fosse d'extraction sur des données aussi vagues. Lorsque l'on compare ces coupes à celle de notre sondage de Westerloo, dressée par notre confrère et ami M. G. Velge et que l'on peut considérer comme un modèle de précision, on constate qu'au point de vue scientifique et pratique, elles sont séparées par un abîme.

Nous tâcherons de les rétablir d'une manière générale, pour un point déterminé, pour Genck, par exemple.

Rappelons d'abord que notre sondage de Zeelhem lez-Diest n'est situé qu'à 10 kilomètres au Sud-Ouest de celui de Beeringen, et celui de Kermt lez-Hasselt qu'à 6 $\frac{1}{2}$ kilomètres au Sud-Ouest du sondage houiller exécuté sur la rive Nord de l'étang du Bolderberg. Reportées sur le méridien, ces distances diminuent encore dans le sens de l'inflexion des couches. Nous avons encore le sondage de Hasselt, déterminé par Dumont; celui de Diepenbeek, qui nous donne le niveau du toit du Crétacique; enfin, tous les sondages de seconde ligne, trop nombreux à énumérer, et, comme troisième ligne, les affleurements dans les collines situées au Sud. Dans ces conditions, le problème devient élémentaire et n'est pas plus difficile à résoudre que d'établir la série des couches à rencontrer à Vilvorde, d'après les faits constatés à Forest et à Schaerbeek. Le niveau du toit du Crétacique étant connu, on tient compte de l'inflexion des couches vers le Nord et de leur épaissement progressif dans cette direction.

Nous avons donc à Genck :

Toit du Diestien à	+ 62 mètres.
Toit du Crétacique à	— 225 —
	287 mètres.

Puissance des couches tertiaires se décomposant comme suit :

DIESTIEN : Sable	40 mètres.
BOLDERIEN : Sable	13 —
RUPELIEN SUPÉRIEUR : Argile, sableuse à la partie supérieure	50 —
RUPELIEN INFÉRIEUR : Sable (peut-être un peu d'argile).	14 —
TONGRIEN : Argile sableuse	50 —
LANDENIEN : Sable et argile à psammites	60 —
HEERSIEN : Marne et quelques mètres de sable à la partie inférieure	60 —
	287 mètres.

O. VAN ERTBORN.

		ASCH N° 1. — COTE DU SOL : + 74.	ASCH N° 2. — COTE DU SOL : + 78.	Op-GLABBEK. — COTE DU SOL : + 66.	GENCK WATERSCHIDE. — COTE DU SOL : + 80.	Op-GLABBEK KATTENBERG. —
		Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètre
Moséen		8 20	12 30	7 »	6 50	»
Poederlien		14 30	14 »	5 50	»	»
Diestien		76 50	67 80	158 »	73 50	»
Bolderien		64 50	58 »	?	?	»
Rupelien		71 »	76 20	?	?	»
Tongrien		75 50	58 »	?	?	»
Landenien		18 50	23 50	?	?	»
Heersien		45 50	?	?	?	»
Toit du Crétacique		-300 50	-231 80	335 ?	?	-290
Toit du Houiller		-458 »	-443 »	483 50	-421 »	-506
Terrain houiller.	Grès, schiste	8 80	18 80	»	17 »	12
	HOUILLE	1 20	1 05	1 30	1 20	1
	Grès, schistes et veinettes	33 35	19 05	4 50	5 70	3
	HOUILLE	0 70	0 50	0 80	1 05	0
	Grès, schiste	8 85	40 10	43 10	18 65	11
	HOUILLE	1 05	2 20	2 15	0 70	0
	Schiste, grès	6 65	10 10	19 05	20 20	20
	HOUILLE	0 90	0 70	0 70	0 70	1
	Schiste, grès, veinettes	54 80	»	»	34 30	30
	HOUILLE	1 »	»	»	0 60	1
		»	»	»	38 70	0
		»	»	»	0 60	
		»	»	»	»	
		»	»	»	»	
Suite du terrain houiller		»	»	»	»	
		»	»	»	»	
		»	»	»	»	
		»	»	»	»	
		»	»	»	»	
		»	»	»	»	
PROFONDEUR TOTALE		649 50	613 50	621 10	631 40	654

	COTE DU SOL : + 65.	HOUTHAELEN. — COTE DU SOL : + 50.	ASCH N° 3. — COTE DU SOL : + 78.	OP-GLABBEK. — COTE DU SOL : + 80.	WYSHAGEN DONDERSLAG. — COTE DU SOL : + 91.	MECHELEN-S/MEUSE. — COTE DU SOL : + 89.	GENCK GELIEREN. — COTE DU SOL : + 75.	GENCK. — COTE DU SOL : + 81.	EIKENBERG MEEUWEN. COTE DU SOL : + 82.	GENCK WINTERSLAG. COTE DU SOL : + 62.
res.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mèt. es.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
	»	?	?	?	»	»	12 »	»	11 »	»
	»	?	?	?	»	»	4 »	»	»	»
50	»	?	?	?	»	»	72 »	»	»	9 »
94	»	24 35	45 »	73 »	»	»	53 »	»	»	60 »
55	»	48 25	83 »	87 »	»	»	60 »	»	»	150 »
74	»	71 40	41 »	82 »	»	»	132 »	»	»	»
20	»	25 »	66 »	17 5	»	»	»	»	»	56 »
17	»	3 »	6 60	39 5	»	»	»	»	»	»
»	-319 50	-222 »	-256 »	-310 »	-262 50	-241 »	?	-268 10	-224 »	»
	-505 30	-442 60	-487 7	-567 58	-402 10	-381 »	-449 20	-522 80	-404 »	»
	34 40	92 60	18 17	28 52	22 20	5 40	47 60	4 78	2 55	»
	0 90	0 54	0 90	1 93	0 53	1 35	0 40	0 48	0 73	»
	44 60	72 86	49 31	20 03	40 70	49 85	2 35	24 36	9 62	»
	0 60	0 40	0 42	0 65	1 57	0 95	0 45	1 90	0 55	»
	46 20	18 30	41 25	106 12	17 80	5 35	11 70	28 88	42 35	»
	1 80	»	1 33	0 82	1 65	1 00	0 45	0 57	1 25	»
	22 »	»	35 39	31 69	8 95	31 90	19 45	14 18	4 95	»
	0 70	»	0 42	1 78	0 56	0 65	1 08	0 51	1 10	»
	2 »	»	18 41	21 68	8 19	29 15	1 02	28 34	5 90	»
	»	»	1 52	2 05	0 56	0 50	0 60	0 55	0 60	»
	»	»	53 41	3 47	»	17 90	»	62 49	8 10	»
	»	»	»	»	»	»	»	1 13	0 75	»
	»	»	»	»	»	»	»	3 25	9 25	»
	»	»	»	»	»	»	»	0 58	1 05	»
	»	»	»	»	»	»	»	77 15	9 75	»
	»	»	»	»	»	»	»	1 07	0	»
	»	»	»	»	»	»	»	40 96	9	»
	»	»	»	»	»	»	»	0 74	0	»
	»	»	»	»	»	»	»	8 46	14 55	»
	»	»	»	»	»	»	»	0 48	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	23 33	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	0 60	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	1 43	»	»
137	678 50	704 30	720 23	877 32	591 71	600 »	609 30	902 »	600 »	»

	ASCH N° 1. COTE DU SOL : + 74.	ASCH N° 2. COTE DU SOL : + 78.	(P)-GLADBECK. COTE DU SOL : + 86.	GENCK WATERSCHIED. COTE DU SOL : + 80.	OP-GLADBECK KATTEBERG. COTE DU SOL : + 82.50.	OP-GLADBECK LOUVEL. COTE DU SOL : + 65.	HOUTHAELN. COTE DU SOL : + 50.	ASCH N° 3. COTE DU SOL : + 78.	OP-GLADBECK. COTE DU SOL : + 80.	WYSHAGEN DONDESLAG. COTE DU SOL : + 91.	MECHELEN-S/MEUSE. COTE DU SOL : + 89.	GENCK GELIEREN. COTE DU SOL : + 75.	GENCK. COTE DU SOL : + 81.	LIKENBERG MEUVEN. COTE DU SOL : + 82.	GENCK WINTERSLAG. COTE DU SOL : + 82.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moséen	8 20	12 30	7 »	6 50	»	»	»	»	»	»	»	»	12 »	»	11 »
Poederlien	14 30	14 »	5 50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	4 »	»	»
Diestien	76 50	67 80	158 »	73 50	»	8 50	»	»	»	»	»	»	72 »	»	9 »
Bolderien	64 50	58 »	»	»	»	53 94	»	24 35	45 »	73 »	»	»	53 »	»	60 »
Rupélien	71 »	76 20	»	»	»	55 55	»	48 25	83 »	87 »	»	»	60 »	»	150 »
Tongrien	75 50	58 »	»	»	»	33 74	»	71 40	41 »	82 »	»	»	132 »	»	»
Landenien	18 50	23 50	»	»	»	30 20	»	25 »	66 »	17 5	»	»	»	»	56 »
Heersien	45 50	»	»	»	»	33 17	»	3 »	6 60	39 5	»	»	»	»	»
Toit du Crétacique	-300 50	-231 80	335 ?	»	-290 »	-326 »	-319 50	-222 »	-256 »	-310 »	-262 50	-241 »	»	-268 10	-224 »
Toit du Houiller	-458 »	-443 »	483 50	-421 »	-306 60	»	-305 30	-442 60	-487 7	-567 58	-402 10	-381 »	-449 20	-522 80	-404 »
Terrain houiller.	8 80	18 80	»	17 »	12 90	»	34 40	92 60	18 17	28 52	22 20	5 40	47 60	4 78	2 55
	1 20	1 05	1 30	1 20	1 44	»	0 90	0 54	0 90	1 93	0 53	1 35	0 40	0 48	0 73
	33 35	19 05	4 50	5 70	3 36	»	44 60	72 86	19 31	20 03	40 70	49 85	2 35	24 36	9 62
	0 70	0 50	0 80	1 05	0 69	»	0 60	0 40	0 42	0 65	1 57	0 95	0 45	1 90	0 55
	8 85	40 10	43 10	18 65	11 06	»	16 20	18 30	11 25	106 12	17 80	5 35	11 70	28 88	42 35
	1 05	2 20	2 15	0 70	0 60	»	1 80	»	1 33	0 82	1 65	1 00	0 45	0 57	1 25
	6 65	10 10	19 05	20 20	20 15	»	22 »	»	35 39	31 69	8 95	31 90	19 45	14 18	4 95
	0 90	0 70	0 70	0 70	1 »	»	0 70	»	0 42	1 78	0 56	0 65	1 08	0 51	1 10
	54 80	»	»	34 30	30 60	»	2 »	»	18 41	21 68	8 19	29 15	1 02	28 34	3 90
	1 »	»	»	0 60	1 72	»	»	»	1 52	2 05	0 56	0 50	0 60	0 55	0 60
	»	»	»	38 70	0 50	»	»	»	53 41	3 47	»	17 90	»	62 49	8 10
	»	»	»	0 60	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1 13	0 75
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3 25	9 25
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 58	1 05
Suite du terrain houiller.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	77 15	9 75
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1 07	0
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	10 96	9
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 74	0
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	8 16	14 55
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 48	»
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	23 33	»
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 60	»
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1 43	»
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
PROFONDEUR TOTALE.	649 50	613 50	621 10	631 40	654 08	613 27	678 50	704 30	720 23	877 32	591 71	600 »	609 30	902 »	600 »

PAUL GAUBERT, **Minéralogie** (25^e partie de l'*Histoire naturelle de France*). — Les fils d'Émile Deyrolle, éditeurs, 46, rue du Bac, Paris, 1905.

S'adressant aux personnes qui veulent être initiées aux études minéralogiques et qui désirent connaître les minéraux français, l'auteur fait l'étude des propriétés générales de ceux-ci d'une façon élémentaire, renvoyant aux ouvrages plus spéciaux pour ce qui concerne la cristallographie détaillée et les propriétés optiques.

Après avoir donné des notions précises et indispensables de cristallographie, l'ouvrage aborde l'exposé des propriétés physiques des minéraux en général, ainsi que des propriétés chimiques, et donne des renseignements pratiques précieux pour la conduite des essais dans la détermination des minéraux.

La deuxième partie du livre traite de la description des espèces minérales que l'on trouve en France, après avoir dit quelques mots des gisements. Le nombre des minéraux signalés n'est pas minime, puisqu'il atteint le chiffre respectable de 650 environ. L'auteur adopte, pour cet exposé, la classification chimique, identique pour ainsi dire à celle que suit M. Renard dans son précis sur les *Notions de Minéralogie* : corps simples, sulfures, etc. Pour chacun des minéraux, l'auteur donne la composition chimique, le système cristallin, les propriétés de clivage, la couleur et l'aspect, l'éclat, la densité, la dureté, la fusibilité et le gisement.

L'ouvrage se termine par un index renseignant les principales localités de France avec les divers minéraux qu'on y rencontre.

Ce petit manuel se distingue des autres ouvrages similaires par une innovation heureuse : les éditeurs ont reproduit, en 18 planches coloriées, des représentations des minéraux principaux de France. La plupart de ces figures sont très réussies et donnent l'impression du minéral réel. On ne peut cependant pas en dire autant du quartz hyalin de la planche 8, qui est loin de posséder la translucidité du quartz hyalin avec aiguilles de rutile de la planche 15.

En un mot, cet ouvrage constitue un guide pratique pour le prospecteur français. Il est regrettable qu'un livre aussi pratique ait dû omettre, pour rester dans le cadre tracé par l'*Histoire naturelle de France*, les minéraux étrangers. Il aurait constitué un *vade-mecum* précieux pour le prospecteur en mission.

E. M.

HISTOIRE NATURELLE DE LA FRANCE. — 24^e partie : Paléontologie.
(Publication des fils d'Émile Deyrolles, éditeurs à Paris, 1903.)

Les fils d'Émile Deyrolle, éditeurs à Paris, publient en ce moment, sous le titre général : *Histoire naturelle de la France*, une série de petits manuels devant comprendre en tout vingt-sept volumes et qui seront certes les bienvenus parmi les amateurs d'histoire naturelle.

Les aspirants zoologistes, botanistes, malacologues, entomologistes, géologues et paléontologues trouveront dans l'un ou l'autre ou dans plusieurs des volumes de la série les manuels qui leur conviennent, et il est hautement probable que ces petits livres, chers aux commençants, attireront aux sciences naturelles des adeptes toujours plus nombreux.

Nous rendons compte ci-après du volume intitulé : **Paléontologie**, et qui a pour auteur M. P.-H. FRITEL, attaché au Muséum d'Histoire naturelle de Paris.

Ce petit manuel est sans prétentions à la haute science. Ce n'est pas un *traité* de Paléontologie générale; c'est simplement un répertoire des fossiles les plus abondants ou les plus caractéristiques des divers terrains de la France.

Le but visé est de permettre à l'amateur ou au collectionneur de déterminer soit les genres, soit même les espèces qu'il a acquis ou qu'il a recueillis au cours de ses excursions.

M. P.-H. Fritel a pu ainsi condenser la Paléontologie française en 650 espèces principales, représentant tous les groupes d'animaux et tous les terrains.

Ce sont naturellement les Mollusques qui l'emportent, et de beaucoup, sur les Vertébrés, et cela se conçoit, attendu que les restes de ces derniers sont généralement assez rares, sans compter que leur récolte est souvent longue et difficile, et que leur détermination exige plus que des connaissances générales.

Les 650 espèces décrites sont toutes figurées soit dans le texte, soit dans 27 planches, et il y a lieu de féliciter l'auteur au sujet des dessins : ils sont entièrement satisfaisants et permettent de reconnaître clairement l'espèce décrite.

A. R.

A. DE LAPPARENT. — **Abrégé de Géologie** (1). Cinquième édition, entièrement refondue et augmentée de 120 pages, avec esquisses des anciennes mers. Paris, Masson et C^{ie}, 1905.

Il est certes de nombreux amateurs des sciences géologiques : étudiants, techniciens et spécialistes, ou gens du monde tout simplement, qui sont désireux de se tenir au courant, autrement qu'à l'aide de volumineux traités, des progrès de la Science dans le domaine de l'histoire de la Terre. Ceux d'entre eux qui auront eu la bonne idée de remplacer, dans leur bibliothèque, une édition, même récente, de l'*Abrégé de Géologie* de M. A. de Lapparent par la *cinquième*, qui vient de paraître, se seront ménagé une agréable surprise. Il ne s'agit pas ici, en effet, d'une simple version « augmentée, corrigée » et quelque peu améliorée, d'un ouvrage antérieur, obligé par son grand succès à des tirages nouveaux. C'est, en réalité, bien mieux, car c'est *un livre nouveau* que vient de faire paraître le fécond professeur et savant membre de l'Institut. Le caractère de l'ouvrage est, en effet, complètement changé, et cette modification profonde a très heureusement enlevé le caractère d'aridité qui paraissait devoir rester inhérent à tout traité de l'espèce.

Mais aussi la classique science géologique s'est ici transformée et se présente sous l'aspect aimable et pittoresque d'une reconstitution géographique des temps anciens et passés du globe terrestre, évoluant vers le stade, nullement final, représenté par sa géographie physique d'aujourd'hui. La Géologie, ainsi comprise, est devenue une succession de tableaux, je dirai même de tableaux vivants, qu'animent, en effet, dans des cadres toujours renouvelés et inlassablement pittoresques et intéressants, les manifestations de la vie animale et végétale. On y voit se poursuivre l'évolution et la succession des êtres, en même temps que le « récitant » nous expose, d'une plume pleine d'attrait et de clarté, les transformations du décor dans lequel chaque acte apparaît sous forme d'un *étage géologique* fournissant, après une vue régionale propre aux régions qui nous sont les plus familières, une esquisse d'ensemble, européenne et mondiale. Ce sont, en réalité, de succulentes et évocatrices tranches successives de la vie du Globe que nous sert le savant professeur, d'après un plan constituant une véritable révolution dans l'exposé de l'histoire de la Terre.

Grâce aussi à l'adjonction précieuse d'une série nombreuse d'esquisses

(1) Un volume in-16 de 424 pages avec 157 figures dans le texte et avec une carte géologique de la France. Paris, Masson et C^{ie}, boulevard Saint-Germain. Prix : 4 fr.

paléogéographiques, le lecteur suit des yeux, comme en une série de projections lumineuses, fondantes et continues, les grandes phases d'ensemble, comme les épisodes régionaux des toujours mystérieux déplacements et voyages latéraux des terres et des mers. On saisit ainsi sur le vif la démonstration de l'incessante migration des milieux, et on se pénètre aisément des conséquences que cette action universelle et continue au travers de l'histoire de la Terre a dû avoir sur les facteurs climatiques, altimétriques, bathymétriques et autres, ayant agi sur les modifications des éléments fauniques et floraux, ainsi que sur les faits de leurs migrations et de leur distribution géographique dans le temps et dans l'espace.

Toutes ces données s'évoquent superbement dans leur féconde synthèse, but du livre ici analysé. Les faits s'enchainent en se dévoilant, laissant dans un dédaigneux et déjà lointain oubli les anciens modes d'exposition de la Géologie, consistant à accumuler force énumérations arides, tableaux et listes de noms souvent sibyllins et nullement évocatifs, simples accumulations de mots ne disant rien à l'esprit et ne servant qu'à dégoûter de la Géologie ceux qui aspiraient à en déchiffrer les merveilleuses annales.

Les temps sont venus, d'ailleurs, où l'on a nettement compris que l'état actuel de la surface terrestre, tant dans ses aspects physiques que dans la nature et la répartition de ses formes animales et végétales, n'est qu'un simple échelon d'une échelle grandiose dont il faut avoir gravi successivement chaque niveau pour pouvoir s'élever à la compréhension de ce que fait découvrir, dans la Nature actuelle, l'observation de ce qui nous entoure. En un mot, la Géographie physique d'aujourd'hui n'est qu'une simple résultante, et l'ensemble des éléments analogues des temps passés n'est autre chose que l'essence de la science géologique telle que l'enseigne congrûment la cinquième édition de l'*Abrégé de Géologie* de M. de Lapparent.

L'importance matérielle de la refonte subie par l'ouvrage n'est pas moins considérable. D'un livre de 296 pages, la nouvelle édition a fait un volume de 424 pages. De plus, ce ne sont plus seulement les régions géologiques françaises qui ont attiré l'attention de l'auteur. C'est maintenant l'universalité du Globe terrestre qui forme le champ d'études de son livre, lequel sera sous peu dans toutes les bibliothèques, jusqu'à celles déjà munies du volumineux *Traité de Géologie* du même auteur. Il est certain que l'enseignement secondaire, tout particulièrement, trouvera dans ce livre si bien conçu les bases d'une initiation

complète, et les spécialistes de la Géologie eux-mêmes y trouveront, grâce surtout à la précieuse innovation d'une série d'études monographiques *par étages*, considérés régionalement puis mondialement, un utile fil conducteur rendant plus aisée la pénétration des arcanes obscurs de multiples sujets spécialisés, devenus ainsi faciles à mettre au point dans l'histoire générale de la Terre.

Le livre premier, consacré à l'importante base des *phénomènes actuels*, comprend 100 pages d'impression, et il est très heureusement divisé en trois chapitres : les formes actuelles du Globe, la dynamique terrestre externe et la dynamique terrestre interne.

Dans le premier chapitre, l'auteur, après des données générales indispensables, fait un excellent exposé des conditions physiques observées à la surface du Globe. Le deuxième chapitre, après les définitions nécessaires, aborde successivement, avec une clarté et une méthode parfaites, l'étude des diverses actions contribuant à modeler la surface de la Terre et traite, par conséquent, de l'action de l'atmosphère, des eaux courantes, de la mer, de la glace, des facteurs chimiques et du rôle des êtres vivants. C'est un vrai tour de force que d'avoir réussi, en si peu de pages, à condenser, à synthétiser la matière du très gros livre qui pourrait être écrit sur ces divers facteurs, si variés et si intéressants dans leurs multiples actions. Le chapitre de la dynamique interne, qui, hélas, renferme encore bien des problèmes non résolus dans l'état actuel de la Science, fait voir très clairement où nous en sommes dans nos connaissances relatives aux phénomènes volcaniques, éruptifs, sismiques, thermaux, etc.

La Géologie proprement dite, ou l'histoire et la géographie anciennes du Globe, constitue le sujet du livre deuxième, le plus développé naturellement, puisqu'il est le but du livre. Puis vient une étude des filons métallifères et des phénomènes orogéniques, ainsi qu'un chapitre final consacré à d'intéressantes considérations géogéniques. Un appendice d'une douzaine de pages expose les relations existant entre la structure géologique du sol et la répartition des régions naturelles de la France.

La réflexion finale que se fera tout lecteur consciencieux est que le titre trop modeste d'*Abrégé* de cet ouvrage, si lucide et si documenté, n'est guère en rapport avec la somme considérable de faits, d'aperçus et de connaissances que peuvent en retirer ceux qui, ou bien y trouveront le fil conducteur d'études plus détaillées, ou bien y auront accru leurs connaissances d'une superbe synthèse des sciences géologiques.

E^t V. D. B.

SÉANCE MENSUELLE DU 19 MAI 1903.

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 45.

M. le *Président* présente à ses collègues M. *Charles Cuau*, ingénieur-conseil de la Compagnie des Eaux de Rambouillet, à Paris, candidat-membre effectif et qui, de passage à Bruxelles, a tenu à assister à la séance; il lui souhaite la bienvenue.

Correspondance :

M. le baron *van Erthorn* communique une lettre de M. *Royers*, directeur des travaux de la ville d'Anvers, faisant connaître que le Collège a décidé de proposer un subside de 500 francs en faveur de la Société; il exprime l'espoir que le Conseil votera cette proposition.

M. le *Secrétaire général* donne, à ce sujet, lecture d'un article de *l'Étoile belge* annonçant le vote de ce subside. La Société, heureuse de cette solution, ne peut, dit-il, que remercier tout particulièrement MM. *van Erthorn* et *Royers* de leur obligeance et de cette nouvelle marque de sympathie qu'ils lui ont témoignée.

M. *Cornet* fournit un projet d'excursion pour la Pentecôte; cette course, qui comprendrait deux jours, aura lieu à Morlanwelz, Obourg, Saint-Vaast, Bracquegnies, Maisières et au bois de Colfontaine, où la

Société a décidé d'établir une station grisouto-sismique extérieure de comparaison avec celle, souterraine, du charbonnage de l'Agrappe.

La Société a reçu de M^{me} veuve *Félix Karrer* les quelques données biographiques ci-dessous, retraçant brièvement la vie et l'œuvre de notre regretté collègue.

**Note biographique sur le D^r Félix Karrer,
de Vienne.**

Félix Karrer, né le 11 mars 1825, à Venise, fit des études de droit à l'Université de Vienne et entra au service de l'État autrichien comme employé de ministère. Après dix années, il se retira du service, pour se livrer aux études d'histoire naturelle et pratiquer surtout la Géologie. Sa spécialité consistait surtout dans l'étude des Foraminifères. Il connaissait à fond le « bassin de Vienne » et, profitant des travaux de canalisation de la *Kaiser Franz-Joseph Wasserleitung*, il publia un ouvrage important, où sont décrits les fossiles du bassin de Vienne rencontrés dans les fouilles exécutées à l'occasion de ces travaux.

Pendant plus de quarante ans, il travailla comme volontaire au Musée d'histoire naturelle (connu d'abord sous le nom de *Hof Mineralien-Cabinet*), où il réunit une remarquable collection de matériaux de construction des principales villes.

Félix Karrer prit une part active aux travaux des principales sociétés scientifiques de Vienne, et beaucoup de sociétés étrangères l'avaient élu comme membre correspondant.

Il était heureux de pouvoir se consacrer tout entier à ses études chéries. La modestie de son caractère, la simplicité avec laquelle il s'acquittait des devoirs de la vie, et l'inaltérable bonté de son cœur lui avaient conquis l'amitié de tous ceux qui l'approchaient.

A différentes reprises, l'empereur François-Joseph I^{er} voulut bien reconnaître son mérite. Il reçut la grande et la petite médaille d'or *Für Kunst und Wissenschaft*, la croix de chevalier de l'Ordre de François-Joseph et celle de l'Ordre de la Couronne de fer.

M. le Secrétaire général donne ensuite connaissance du programme des concours organisés en 1903 et 1904 par l'Académie royale de Belgique, comprenant notamment les questions suivantes, qui rentrent plus spécialement dans le cadre des études de la Société.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

CLASSE DES SCIENCES

CONCOURS POUR LES ANNÉES 1903 ET 1904

Programme du concours pour 1903.*(Extrait.)*

SCIENCES NATURELLES.

On demande de nouvelles recherches sur les divers étages compris entre le Bruxellien et le Tongrien, dans le Brabant.

Prix : 1000 francs.

Déterminer l'âge géologique des dépôts formés de sables, d'argile plastique et de cailloux de quartz blanc, assimilés, dans la légende de la Carte géologique à l'échelle du 40 000^e, à l'Oligocène et désignés par les notations Om et On.

Prix : 1000 francs.

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pourront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1^{er} août 1903.

Programme du concours pour 1904.*(Extrait.)*

SCIENCES NATURELLES.

I. — On demande la revision de la série revinienne du massif cambrien de Stavelot, en Belgique, au point de vue de sa division en trois étages, esquissée par Dumont.

Le mémoire devra être accompagné d'une carte au 1/40 000, indiquant les limites des étages; mais, comme les ressources de l'Académie n'en permettront pas la publication, ces limites devront être indiquées dans le texte avec les indications nécessaires pour que le lecteur puisse les tracer sur la carte géologique actuelle.

Prix : 800 francs.

II. — Faire l'exposé des recherches sur les modifications produites dans les minéraux par la pression et compléter ces recherches par de nouvelles observations.

Prix : 600 francs.

V. — On demande des recherches sur les plantes devoniennes de Belgique, au point de vue de la description, de la position stratigraphique et, si possible, des caractères anatomiques.

Prix : 600 francs.

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pourront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1^{er} août 1904.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

- 4108. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère d'Iénisséï. Livraison I* (comprenant des notes de MM. L. Jaczewski, N. Ijitzky et A. Meister). Saint-Pétersbourg, 1900. Brochure in-8° de 87 pages et 2 cartes.
- 4109. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère d'Iénisséï. Livraison II* (comprenant des notes de MM. A. Meister et N. Ijitzky). Saint-Pétersbourg, 1901. Brochure in-8° de 60 pages et 2 cartes.
- 4110. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère de l'Amour. Livraison I* (comprenant des notes de MM. P. K. Yavorovsky et M. M. Ivanow). Saint-Pétersbourg, 1900. Brochure in-8° de 90 pages et 1 carte.
- 4111. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère de l'Amour. Livraison II* (comprenant des notes de MM. P. K. Yavorovsky, et M. M. Ivanow). Saint-Pétersbourg, 1901. Brochure in-8° de 54 pages et 1 carte.
- 4112. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère de Léna. Livraison I* (comprenant une note de M. A. P. Guérassimow). Saint-Pétersbourg, 1901. Brochure in-8° de 29 pages et 1 carte.
- 4113. **Ministère de l'Agriculture. Statistique de la Belgique. Recensement agricole de 1901.** Bruxelles, 1902. Volume in-4° de 261 pages.

4114. **Card, George W.** *Handbook to the Mining and geological Museum, Sydney.* Sydney, 1902. Volume in-8° de 201 pages et 9 planches.
4115. **Clemm, Walter-Nic.** *Die Gallensteinkrankheit, ihre Häufigkeit, ihre Entstehung, Verhütung und Heilung durch innere Behandlung.* Berlin, 1903. Brochure in-12 de 90 pages.
4116. **De Saintignon, F.** *Sur les tremblements de terre. Pressions différentielles dans les fluides. Conférence faite à Nancy le 5 juillet 1902.* Paris, 1903. Brochure in-4° de 60 pages et 11 figures.
4117. **Labat, A.** *Climat et eaux minérales d'Autriche-Hongrie.* Paris, 1903. Brochure in-8° de 92 pages.
4118. **de Lapparent, A.** *Le progrès des études sismologiques.* Paris, 1903. Extrait in-4° de 13 pages.
4119. **Lotti, B.** *Sulla costituzione geologica del gruppo montuoso d'Amelia (Umbria).* Rome, 1902. Extrait in-8° de 15 pages et 1 planche.
4120. **Lotti, B.** *Conclusione sulla polemica geologica Trabucco-Lotti.* Rome, 1902. Extrait in-8° de 2 pages.
4121. **Lotti, B.** *Sul giacimento di bauxite di Colle Carovenzi presso Pescosolido (circ. di Sora) nella valle del Liri.* Turin, 1903. Extrait in-8° de 8 pages.
4122. **Rutot, A.** *Sur les antiquités découvertes dans la partie belge de la plaine maritime et notamment sur celles recueillies à l'occasion du creusement du nouveau canal de Bruges à la mer.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 36 pages.
4123. **van Ertborn, O.** *Le bassin houiller de la Campine.* Paris, 1903. Extrait in-8° de 4 pages.
4124. **Harzé, É.** *Les mines de houille en Campine. Observations au sujet d'un article de la REVUE SOCIALE CATHOLIQUE.* Bruxelles, 1903. Brochure in-8° de 29 pages.

2° Extraits des publications de la Société :

4125. **van Ertborn, O.** *Le Volcanisme.* Mémoires de 1903. 10 pages. (2 exemplaires.)
4126. **Spring, W.** *Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que sur son tassement.* Mémoires de 1903. 21 pages. (2 exemplaires.)

4127. **Simoens, G.** *L'âge du volcan de Quenast et l'influence des lignes tectoniques du Brabant sur l'allure des sédiments houillers du Nord de la Belgique.* (2 exemplaires.)
4128. **Cornet, J.** *Les gisements métallifères du Katanga.* Traductions et Reproductions de 1903. 45 pages. (2 exemplaires.)
4129. **Kersten, J.** *Le bassin houiller de la Campine.* Mémoires de 1903. 10 pages et 1 planche.
4130. **Lejeune de Schiervel, Ch., et de Brouwer, M.** *Considérations générales sur le nouveau bassin houiller de la Campine.* Procès-verbaux de 1903. 5 pages. (2 exemplaires.)
4131. **Mourlon, M.** *Réflexions au sujet de l'appréciation, par M. G. Dollfus, de l'œuvre d'André Dumont.* Procès-verbaux de 1903. 6 pages. (2 exemplaires.)
4132. **van Ertborn, O.** *Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost.* Mémoires de 1903. 9 pages. (2 exemplaires.)
4133. **Van den Broeck, E.** *Paleontologia Universalis. Quelques considérations au sujet des conditions d'abonnement.* Procès-verbaux de 1903. 4 pages. (2 exemplaires.)
4134. **Van den Broeck, E.** *Charles de la Vallée Poussin, sa vie et ses travaux.* Mémoires de 1903. 47 pages et 1 portrait. (2 exemplaires.)
4135. **Van den Broeck, E., et Rahir, E.** *La Lesse souterraine et sa traversée sous les deux boucles de Furfooz et Chaleux, démontrée par la fluorescéine. (Note résumée.)* Procès-verbaux de 1903. 5 pages. (2 exemplaires.)
4136. **Van den Broeck, E., et Rahir, E.** *La Lesse souterraine et la traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz démontrée au moyen de la fluorescéine.* Mémoires de 1903, 26 pages, 1 planche et 8 figures. (2 exemplaires.)
4137. **Alippi, Tito.** *Les Boniti du Monte Nerone.* Traductions et Reproductions de 1903. 7 pages. (2 exemplaires.)
4138. **Van den Broeck, E.** *Les observations sismiques en France.* Procès-verbaux de 1903. 4 pages. (2 exemplaires.)

M. le Secrétaire général dépose sur le Bureau le fascicule I-II, tome XVII du *Bulletin*, contenant les procès-verbaux des séances de janvier, février, mars et avril 1903. (Adopté.)

Présentation et élection d'un nouveau membre :

Est présenté et élu par le vote unanime de l'Assemblée :

M. CHARLES CUAU, ingénieur civil des mines, directeur technique de la Compagnie française des Carburants de Séchillienne (Isère), ingénieur-conseil de la Compagnie des Eaux de Rambouillet, 17, boulevard Pasteur, à Paris.

Communications :

M. Kemna analyse oralement le travail que vient de publier la Commission de l'Observatoire de Montsouris (tome III, pour l'année 1902). Cette analyse sera reportée au *Bulletin bibliographique* formant annexe au présent procès-verbal.

M. KEMNA, s'aidant de figures au tableau noir, traite ensuite de la **Question des membres pairs chez les Poissons primitifs, d'après les fossiles récemment découverts.**

Cet exposé, qui complète celui fait à la dernière séance, paraîtra aux *Mémoires* avec les planches qui l'accompagnent.

M. le Secrétaire général donne ensuite lecture de la note suivante de M. de Lapparent, qui a été imprimée en épreuve et distribuée préalablement à la séance, afin de faciliter la discussion de la question.

A propos des couches rouges du Limbourg,

par A. DE LAPPARENT.

Il résulte des intéressantes observations échangées, à la séance du 16 décembre 1902, entre MM. Kersten, Rutot, Habets et Simoens, qu'il existe, sous le Limbourg belge, entre les *morts-terrains* et le terrain houiller, des couches rouges dont la position demeure douteuse, puisque, selon les auteurs, elles pourraient être houillères, permienes ou triasiques.

Je demande la permission de développer les raisons qui me portent à donner la préférence à l'opinion émise par M. Stainier et qu'a rappelée M. Rutot (*Bulletin*, t. XVI, *Procès-Verbaux*, p. 635), d'après

laquelle les roches en question (je parle exclusivement de celles du Limbourg belge) devraient être attribuées au terrain houiller. Seulement, je n'ajouterais pas « supérieur », comme le font mes savants collègues.

On sait qu'en Westphalie, la concession générale Blumenthal, à Recklinghausen, a rencontré des schistes rouges avec veines de charbon, séparées par des conglomérats d'une couche assimilée à la veine Katharina, c'est-à-dire appartenant au faisceau des charbons gras, qui est loin d'être le plus élevé de la série westphalienne.

Ces roches rouges doivent être distinguées avec soin de celles qui, dans les sondages de Wezel, précèdent le Zechstein fossilifère, et il me semble qu'on doit rechercher leurs analogues parmi celles qui recouvrent le terrain houiller productif du centre de l'Angleterre. M. Stainier a déjà signalé l'analogie probable de ces bassins du *Midland* avec celui de la Campine belge. Il serait donc tout naturel de rencontrer, dans ce dernier, des couches rouges occupant la même position qu'en Angleterre.

D'autre part, un travail récent de M. Walcot Gibson (*Quarterly Journal*, t. LVII, p. 251) a établi que les couches rouges surmontant les « coal-measures » du Staffordshire ou Nottinghamshire, couches autrefois attribuées au *Permien* (type *Salopien*), formaient une série continue, qui passe par transition insensible à l'assise houillère dite du *black band*. En outre, les végétaux de cette série appartiennent à la flore de Radstock, qui, selon tous les paléo-botanistes, est au sommet de l'étage westphalien, tout au plus à sa jonction avec le Stéphanien, dont aucune représentation n'a encore été trouvée en Angleterre.

Il résulterait de ces faits d'abord que, dans le *Midland*, le Permien ne commence qu'avec la brèche (*brockram*) qui, peut-être, appartient au Zechstein; ensuite, que le Houiller supérieur doit faire défaut aussi bien dans le Limbourg qu'en Angleterre et en Westphalie; enfin, qu'il y a de grandes chances pour que les couches rouges des sondages du Limbourg appartiennent au Westphalien supérieur.

M. Simoens, comme suite à la note de M. de Lapparent, expose les considérations ci-après :

A PROPOS

DES

ROCHES ROUGES DU BASSIN HOUILLER DE LA CAMPINE

PAR

G. SIMOENS (1)

Docteur en sciences minérales.

Dans une note que vient de publier « en épreuves » la Société belge de Géologie, M. de Lapparent a bien voulu discuter les avis émis par plusieurs de nos confrères et par moi-même au sujet des couches rouges du Limbourg. Après avoir remarqué que la position de ces couches demeure douteuse, puisqu'elles pourraient être houillères, permienues ou triasiques, et après avoir donné la préférence à l'opinion exprimée par M. Stainier, reproduite par M. Rutot, qui, rappelant l'avis de son collègue, les considère ainsi que lui comme houillères, M. de Lapparent continue ainsi : « seulement, je n'ajouterais pas « supérieur », comme le font mes savants collègues ». Voici, en effet, ce que disait M. Rutot à la séance du 16 décembre 1902 et mentionné comme ceci au procès-verbal : « Il — M. Rutot — estime que l'on est actuellement d'accord pour admettre qu'il s'agit ici d'un grès appartenant au Houiller supérieur. » Or, à tort ou à raison, je pensais que l'opinion de M. de Lapparent n'avait pas été étrangère à la réalisation de cet accord, surtout depuis la publication du savant mémoire de M. Stainier (2). On peut lire, en effet, à la page 109 des *Mémoires* de 1902 :

« Ces roches peuvent être d'âge houiller SUPÉRIEUR, d'âge permien (Rothliegende) ou triasique. C'est à cette dernière période qu'on les rapporte généralement, et c'est ce que je faisais aussi, comme tout le monde, par suite d'un examen incomplet de la question. Mais des

(1) Communication lue et déposée à la séance du 19 mai 1903.

(2) X. STAINIER, *Études sur le bassin houiller du Nord de la Belgique*. (BULL. DE LA SOC. DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI, 1902, *Mém.*, pp. 77-120.)

faits sur lesquels M. le professeur de Lapparent a bien voulu attirer l'attention me portent à croire maintenant que l'âge triasique est bien peu probable et que ces roches sont tout au moins permienes, si pas du Houiller SUPÉRIEUR. » Je pensais donc que tel était l'avis de M. de Lapparent. Mais, puisque le savant professeur de Paris rejette l'idée exprimée par MM. Stainier et Rutot pour considérer ces roches rouges comme appartenant au Houiller *moyen*, je me permettrai d'examiner les raisons qu'il fournit à l'appui de sa thèse. Voici ce qu'imprime notre savant confrère :

« D'autre part, un travail récent de M. Walcot Gibson a établi que les couches rouges surmontant les « coal-measures » du Staffordshire ou Nottinghamshire, couches autrefois attribuées au Permien (type Salopien), formaient une série continue, qui passe par transition insensible à l'assise houillère dite du *black band*. En outre, les végétaux de cette série appartiennent à la flore de Radstock, qui, selon tous les paléo-botanistes, est au sommet de l'étage westphalien, tout au plus à sa jonction avec le Stéphanien. »

Reprenons l'examen de ces formations, en allant cette fois non pas des roches les plus récentes vers les plus anciennes, mais en partant de ces séries anciennes pour aboutir à celles qui leur sont manifestement supérieures, c'est-à-dire en suivant l'ordre chronologique des dépôts.

L'assise houillère avec fer carbonaté, ou bandes noires, contient des végétaux appartenant à la flore de Radstock, qui, dit M. de Lapparent, se rattache au sommet de l'étage westphalien et tout au plus à sa jonction avec le Stéphanien. Mais cette assise houillère du *black band* est surmontée par des couches rouges anciennement attribuées au Permien et formant, de haut en bas, « une série continue, qui passe par transition insensible à l'assise houillère ». Toutefois, comme nous remontrons ici la série, n'est-il pas préférable de dire qu'elle se différencie insensiblement de l'assise houillère sous-jacente, ce qui est du reste presque toujours le cas quand on se trouve devant des roches indiquant à travers les temps géologiques une stratification régulière et ininterrompue ? Mais, que ces roches rouges se différencient insensiblement ou brusquement des couches houillères qui les supportent, elles n'en sont pas moins supérieures à la série du *black band* et représentent forcément des temps plus récents. Si maintenant on veut bien se rappeler que, d'après M. de Lapparent, ces roches du *black band* se trouvent au sommet du Westphalien et peut-être même à sa jonction avec le

Stéphanien, force nous est alors de croire que les couches rouges qui surmontent ce contact du Westphalien et du Stéphanien doivent fatalement dépasser cette limite et représenter tout au moins la base du Stéphanien, c'est-à-dire du Houiller SUPÉRIEUR. Cette opinion me paraîtrait d'autant plus probable que, jusqu'aujourd'hui, je considérais les couches du BLACK BAND, à flore de Radstock, inférieures aux roches rouges, comme appartenant déjà aux couches de Rive-de-Gier, attendu qu'« elles renferment un certain nombre d'espèces franchement stéphanienues ».

Je ne pense donc pas que les idées de M. Walcot Gibson que nous rappelle M. de Lapparent soient de nature à infirmer beaucoup l'idée exprimée par MM. Stainier et Rutot, que je croyais être aussi l'avis de M. de Lapparent lui-même.

L'éminent membre de l'Institut conclut ainsi : « Il y a de grandes chances pour que les couches rouges des sondages du Limbourg appartiennent au Westphalien supérieur. »

Je viens de montrer que les arguments présentés par le savant professeur ne me paraissent pas suffisamment probants. Mais de quelles couches rouges M. de Lapparent veut-il parler? Comme dans sa note il mentionne indirectement mon avis, j'ai tout lieu de croire qu'il ne peut s'agir que des roches rouges rencontrées au sondage d'Eelen, les seules au sujet desquelles j'ai émis un avis, et cela pour la bonne raison que ces roches étaient aussi les seules dont j'avais ouï parler, car je n'ai jamais vu ni de près ni de loin le moindre échantillon des roches rouges de la Campine. Étant donnée la manière nette et précise, et ne permettant pas l'équivoque, dont j'ai exposé mes théories sur la constitution de la région campinoise, et cela longtemps avant toutes ces découvertes, il est facile de comprendre que l'intérêt qu'ont en ce moment pour moi ces dernières réside surtout dans leurs résultats favorables à mes idées. Ainsi donc, je ne me suis jamais occupé que des roches rouges d'Eelen et je les ai attribuées en partie au Permien. Or, il me paraît fort difficile de ranger ces roches dans le Houiller moyen, et cela pour des raisons bien différentes de celles dont il vient d'être question.

Pour bien interpréter les résultats du sondage d'Eelen, il n'est peut-être pas inutile de se reporter un moment sur le Rhin et d'examiner les sondages de la région occidentale du bassin westphalien; parmi ces derniers, il y a lieu surtout de citer ceux de Xanten, Beck, Menzelen, Veen et Vreden. Dans ces sondages, on a rencontré des roches à facies fréquemment rubigineux et qui ont été rapportées en partie au Trias et au Permien, et même à Vreden ce complexe a été traversé sur

plus de 1 000 mètres de profondeur, sans en atteindre la base. Or, il ne me paraît pas possible de séparer les roches d'Eelen des couches rencontrées dans la région du Rhin.

Je ne puis ici mieux faire que de rappeler l'opinion d'un de nos sympathiques confrères de la Société géologique de Belgique, à Liège, M. Forir (1).

« A première vue, dit-il, la supposition d'un dépôt triasique à Eelen ne semble guère mieux fondée, mais la découverte assez récente de roches appartenant à cette période, jusqu'à peu près à mi-distance des confluent de la Lippe et de la Ruhr avec le Rhin, roches qui ont même été reconnues sur un certain espace à l'Ouest du fleuve, c'est-à-dire en un point relativement peu éloigné d'Eelen, rend cette supposition d'autant plus vraisemblable que leur disposition même serait fort analogue à celle que l'on est bien obligé de leur attribuer dans cette dernière localité, d'après l'ensemble des sondages connus. En effet, les dépôts triasiques du Rhin et de la Lippe forment, d'après une publication récente, des golfes étroits et très profonds à parois abruptes, séparés par des promontoires allongés et escarpés.

L'existence d'un profond golfe triasique à Eelen, si elle n'est pas démontrée, présente donc une telle vraisemblance que nous croyons pouvoir nous en servir pour étayer le restant de notre argumentation. »

Comme on le voit, notre confrère liégeois admet, lui aussi, l'existence d'une relation très étroite entre les roches rouges des sondages westphaliens et celles d'Eelen; non seulement il synchronise ces roches, mais il admet encore pour elles des modes identiques de dépôt. Mon avis se différencie de celui de M. Forir, surtout en ceci : je ne puis admettre l'existence, à Eelen, d'un de ces « golfes étroits et très profonds à parois abruptes, séparés par des promontoires allongés et escarpés », en un mot semblables à ceux figurés sur la carte reproduite dans le travail de M. Forir et que nous avons eu le plaisir d'examiner ensemble à beaucoup plus grande échelle à Düsseldorf. Je n'ai jamais cru à l'existence en Belgique de ces golfes locaux et très étroits, mais bien au contraire à l'existence d'un vaste golfe comprenant presque la totalité du bassin campinois, et j'ai toujours déclaré que je considérais ce golfe comme une partie du bord Sud d'un vaste bassin d'effondrement. Certes, il peut y avoir des aires étroites *effondrées*, mais alors ces phénomènes d'ordre *dynamique* ne peuvent être comparés à des golfes.

(1) H. FORIR, *Prévisions relatives à l'épaisseur et à la nature des morts-terrains en Campine*. (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, *Mém.*, p. 94.) Liège, 1901-1902.

Tout récemment encore, M. Habets a repris devant nous les idées qui viennent d'être exposées, et j'ai tenu à dire en quoi mon interprétation différait de la sienne. Néanmoins, malgré ces divergences quant au mode de dépôt, aucun de nous n'a songé à rapporter ces roches au terrain houiller, précisément à cause de leur identification préalable avec les roches rouges des sondages de la Westphalie.

Je pense donc qu'il n'est pas possible d'attribuer au Houiller moyen les roches d'Eelen sans y englober du même coup une notable partie des roches rubigineuses du Rhin.

Si cependant, grâce à sa science profonde, le savant professeur de Paris venait à nous convaincre que les roches rouges représentent bien le sommet du Westphalien, c'est-à-dire la partie de cet étage inconnue dans nos bassins wallons, je n'en pourrais être pour ma part que très heureux, car cela me permettrait de rappeler qu'à la séance du 22 avril de l'année dernière, je disais en parlant de la Campine : « On trouvera très probablement, sous les dépôts permien, des couches houillères qui ne sont pas représentées dans les bassins de Mons et de Liège. »

M. de Lapparent dit encore : « Le Houiller supérieur doit faire défaut aussi bien dans le Limbourg qu'en Angleterre et en Westphalie. »

Malgré le charme captivant et l'influence qu'exerce le maître français sur tous ceux qui lisent ses remarquables travaux, je me vois ici à mon grand regret forcé de me séparer de lui sur cette importante question. Pour admettre en Angleterre, en Campine et en Westphalie des effets identiques, c'est-à-dire dans le cas présent l'absence du Stéphanien, il faudrait concevoir dans ces régions différentes l'existence de causes semblables. Or, je n'y crois pas.

Les conditions tectoniques et par conséquent l'orographie, l'hypsométrie, etc., qu'elles déterminent, étaient à l'époque stéphanienne très différentes dans ces diverses localités.

Au Sud du Brabant se dressait la chaîne hercynienne. Celle-ci se prolongeait en Angleterre et y formait avec les Alpes scandinaves un système montagneux qui, s'il pouvait contrarier le dépôt des sédiments marins sur la plus grande partie des îles Britanniques, pouvait permettre cependant le dépôt de couches houillères lacustres.

Les roches stéphanien, pouvaient donc parfaitement se déposer en Angleterre, tout comme elles pouvaient aussi ne pas s'y déposer. Mais si l'on admet la réalité du dépôt, on peut croire aussi que les érosions qui ont nivelé le pays les ont fait disparaître depuis longtemps. Donc, il n'y aurait rien d'étonnant à ne plus rencontrer en Angleterre des dépôts franchement stéphanien.

Mais pendant ce temps, que se passait-il en Belgique? Il existait là au Nord et à l'abri du massif résistant du Brabant, une mer presque entourée de montagnes en grande partie nouvellement formées et aux érosions intenses. Quels phénomènes devaient se dérouler au fond de cette *ancienne mer du Nord*? Mais des sédiments devaient y arriver de partout, et ces sédiments pouvaient être souvent rouges, car nous savons tous que les dépôts rubigineux, auxquels sont presque toujours associés des végétaux terrestres, indiquent la côte prochaine. Est-il possible que pendant cette époque où des montagnes et des volcans se dressaient presque au bord du bassin de la Campine, aucun sédiment n'ait rehaussé son fond, qui néanmoins s'affaissait toujours? Et si même, à cette époque, cette mer eût été entourée d'une muraille ou d'une digue empêchant toute sédimentation terrigène, n'aurions-nous pas alors des dépôts zoogènes de calcaires magnésiens? Et si, voulant pousser les choses à l'extrême, on voulait s'imaginer cette mer complètement fermée et en voie d'évaporation, n'y devrions-nous pas découvrir aujourd'hui des dépôts qui pour être salifères n'en seraient pas moins stéphanieniens?

Ne devait-il pas en être de même en Westphalie et à travers toute la mer du Nord jusqu'à la côte orientale de l'Angleterre?

Combien sont nombreux ceux qui, avant l'exécution des sondages du Nord du bassin rhénan, prétendaient que les charbons à gaz n'existaient pas en Westphalie! Aussi je n'hésite pas à dire que si les dépôts stéphanieniens peuvent, à la rigueur, faire défaut dans l'ancienne région montagneuse de l'Angleterre, il ne peut en être de même en Belgique, et à mesure que l'on s'écartera des bords de notre nouveau bassin houiller, on trouvera des couches *de plus en plus récentes* et qui, *toujours régulièrement superposées dans la région centrale du bassin*, présenteront des allures très semblables à celles que M. van Ertborn nous a appris à reconnaître dans les bassins tertiaires du Nord.

Je sais qu'il est téméraire de s'aventurer dans ces mystérieuses arcanes de la Géologie, où, n'ayant pour toute lumière que la flamme vacillante de nos pauvres connaissances, on risque de trébucher à chaque pas, et, certes, il serait plus prudent d'attendre pour parler longuement de tous ces termes nouveaux que de précieux sondages nous en aient révélé l'existence; mais, pour ce faire, point n'est besoin de quitter le domaine de la Géologie purement descriptive, pour pénétrer dans celui où, s'inspirant des progrès réalisés par l'étude de la structure comparée de notre planète, on s'efforce de démontrer chaque jour davantage que les théories de la Géologie ne mentent pas.

M. X. Stainier fait la communication suivante :

AGE

DES

ROCHES ROUGES DU LIMBOURG BELGE

PAR

X. STAINIER

Membre de la Commission de la Carte géologique du Royaume.

La détermination de l'âge des roches rouges rencontrées dans les sondages du Limbourg présente tant d'obscurité qu'il n'est pas étonnant de voir de si grandes divergences sur ce sujet. L'intéressante note que vient de nous donner M. de Lapparent m'engage à revenir sur ce que j'ai dit.

Dans mon travail sur le Houiller de la Campine, après avoir rappelé qu'on pouvait attribuer ces roches au Houiller, au Permien ou au Trias, j'ajoutais que je penchais assez à les considérer comme appartenant au Houiller supérieur. Aujourd'hui je dois déclarer qu'une étude des nouveaux matériaux fournis par les récents sondages, ainsi que la comparaison avec ce qui se passe en Westphalie, me portent à abandonner ma première manière de voir. Je crois qu'il ne peut plus être question du Permien et que, vraisemblablement, ces roches sont triasiques. Voici sur quoi je me base :

Un quatrième sondage, celui de M. le baron Goffinet, à Biesen-Ven (bruyère de Donderslag), a rencontré 15 mètres de roches rouges superposées au Houiller.

Si les renseignements qui m'ont été fournis sur ce sondage sont exacts, le contact des deux roches se ferait en discordance de stratification, ce qui ne permettrait plus d'attribuer ces roches rouges au Houiller.

Si l'on compare ce qui se passe en Westphalie au bord Nord actuellement connu du bassin houiller, l'analogie avec ce qui se passe chez nous est tellement prononcée qu'on ne peut guère se refuser à attribuer nos roches rouges au Trias, comme on l'a fait avec raison en Westphalie.

En Westphalie, en effet, on a constaté la présence d'un manteau de roches triasiques et permienes recouvrant en discordance de stratification le bord Nord du bassin houiller. De plus, on voit, en Westphalie, le Trias et le Permien se superposer en stratification débordante, de façon que le Trias masque souvent l'affleurement du Zechstein salifère, qui n'apparaît qu'un peu plus au Nord.

La question de la détermination de l'âge des roches rouges du Limbourg présente pour la Belgique un intérêt industriel considérable, et c'est pour cela que nous croyons bon d'insister sur cette question. De sa solution, en effet, dépend l'opinion que nous pouvons avoir sur la possibilité, pour la Belgique, de rencontrer des gisements salifères en Campine. En effet, si les roches rouges appartiennent au Houiller, nous devons perdre l'espoir d'avoir des gisements de sel à profondeur accessible. Si, au contraire, ces roches sont triasiques, nous pouvons avoir un espoir très fondé d'en rencontrer. A cet égard, les découvertes faites au sondage de Beeringen sont de nature à confirmer cet espoir, en montrant l'analogie de plus en plus grande entre la Westphalie et la Campine.

Nul ne saurait se refuser à admettre le bien fondé de l'opinion de M. M. Lohest concernant la nature du gisement salifère de Beeringen.

Avec raison, selon nous, M. Lohest considère ce gisement comme une crevasse remplie de roches salifères permienes ou triasiques. Or, en Westphalie, des faits semblables s'observent. Au delà de la bordure des roches salifères, des travaux de charbonnages ont reconnu, plus au Sud, des crevasses semblables remplies de roches rouges et de sel, comme à Beeringen. Tel a été le cas notamment au charbonnage de Courl et à celui de Preussen. En Westphalie, les gisements importants de sel ont été rencontrés dans les endroits où la surface du Houiller s'enfonçait sous des cuvettes plus épaisses de roches permienes et triasiques. Or, au moins une semblable cuvette s'observe en Belgique : c'est celle à laquelle on a donné le nom de golfe d'Eelen. Comme le sel se rencontre, en Westphalie, surtout dans la partie la plus profonde de ces cuvettes, il s'ensuit qu'en Belgique les recherches de gisements de sel devraient se faire le long d'une ligne passant vraisemblablement par les environs d'Eelen et sans doute parallèle à la direction générale de la Meuse.

La question de la cuvette d'Eelen m'engage à revenir sur ce que j'ai dit précédemment à ce sujet.

Les résultats des derniers sondages de la Campine me portent à abandonner le caractère de faille-limite étendue que j'avais donné à la

limite séparative entre les roches rouges d'Eelen et le terrain houiller. Je persiste cependant à croire, malgré l'avis contraire d'honorables contradicteurs, que cette limite séparative est une faille normale et non un joint de stratification discordante.

Les dispositions particulières des roches dyasiques et triasiques de Westphalie ont conduit les ingénieurs allemands à attribuer cette disposition à des phénomènes d'érosion, qui auraient produit à la surface du Houiller des chenaux ou des cuvettes, où se seraient accumulés les terrains en question. En Belgique, cette opinion a été adoptée notamment par MM. Forir et P. Habets.

Sur la rive droite du Rhin, les charbonnages, tels que ceux de Gladbeck, Preussen, etc., qui exploitent le Houiller sous les terrains en question, n'ont pas encore de travaux suffisamment étendus pour que l'on puisse trancher par des faits la question controversée.

Sur la rive gauche du Rhin, là où existent surtout les chenaux supposés, il n'y a encore que des travaux de sondages dans cette région. Par conséquent, jusque maintenant, la question reste entière dans le domaine de l'hypothèse, et je persiste, jusqu'à preuve formelle du contraire, à croire que la théorie des érosions n'est pas fondée, et je préfère admettre que les prétendus chenaux, cuvettes ou golfes d'Eelen et de la vallée du Rhin ne sont que des massifs en damiers limités par des failles normales. Voici sur quoi je base mon opinion : Les auteurs allemands qui ont traité ce sujet, M. Hundt notamment, lorsqu'ils ont essayé de représenter par des lignes de niveau équidistantes l'allure de la surface du Houiller, ont naturellement interprété les données des sondages en traçant des lignes courbes dessinant des chenaux. Mais on pourrait tout aussi bien interpréter ces sondages par des limites absolument droites. Tout dépend de l'idée mère. Le graphique bien connu, reproduit par M. Forir, par lequel M. Hundt a représenté l'allure de la région qui fait face à Wesel sur la rive gauche du Rhin, ce graphique ne prouve pas l'existence de chenaux, il est tout simplement la conséquence de la théorie. En partant de la théorie de failles rectilignes, on pourrait tracer un autre graphique qui ne serait pas plus probant, vu le peu de sondages existants qui donnent une grande élasticité aux tracés théoriques.

Ce ne sont donc pas les tracés qu'il faut discuter, mais les théories mères.

L'existence de chenaux d'érosion me paraît difficile à admettre. Ce ne sont certes pas des produits d'érosion marine. La nature de leur remplissage le prouve à l'évidence. Ce seraient donc des produits de l'érosion continentale. Dans ce cas, il faudrait admettre que les strates

houillères très jeunes qui les environnent ont été exondées, soulevées, transformées en continent, où les eaux météoriques auraient creusé les sillons que nous voyons aujourd'hui.

Ultérieurement, les mers permienues et triasiques auraient, en envahissant le continent, rempli ces sillons.

Des phénomènes comme ceux que nous venons de décrire se sont produits dans notre pays, à la surface du Houiller, notamment dans la grande vallée houillère dite de la Haine. Mais, ne l'oublions pas, cette vallée a eu pour se former tout le temps qui s'est écoulé entre le Houiller moyen (Westphalien) et le Crétacé inférieur.

De plus, les plissements hercyniens ont donné naissance chez nous à des continents à relief énorme, des plus favorables à la production d'érosions intenses.

En Westphalie, au contraire, les phénomènes continentaux n'auraient eu pour se manifester que le court laps de temps qui s'est écoulé entre le dépôt des strates les plus élevées du Houiller, déjà bien récentes, et l'arrivée des eaux du Permien (Rothliegende). De plus, l'allure régulière des couches houillères, leur inclinaison faible, l'absence de plissements montrent à l'évidence qu'aucun soulèvement important ne s'est produit là, mais qu'il y a plutôt un lent mouvement d'exhaussement du sol, ce que confirme aussi la production des gisements salifères. Quant aux failles, qui, dans notre hypothèse, limiteraient les massifs de roches rouges, leur existence n'est pas purement hypothétique. Des failles normales, comme celles que suppose notre théorie, abondent dans la partie Nord de la Westphalie voisine du Rhin, dont elles constituent le caractère tectonique. Tout spécialement sur la rive gauche du Rhin, dans la seule concession en activité, celle de Rheinpreussen, assez voisine de la région des chenaux, on connaît quantité de failles normales, à direction Nord-Sud notamment, comme celles qui pourraient limiter les chenaux dont les longs côtés sont dirigés Nord-Sud. Ainsi on y connaît une faille Nord-Sud, appelée Hauptsprung, normale et à rejet de près de 80 mètres, bien suffisant pour expliquer la dénivellation observée plus au Nord dans la surface du Houiller.

Comme nous avons déjà eu l'occasion de le signaler, la structure en damier que suppose notre théorie présente des exemples connus; il suffit pour s'en convaincre d'examiner les cartes et coupes des bassins houillers qui sont aux environs immédiats de la ville de Manchester.

En Belgique, la cuvette d'érosion d'Eelen nous semble encore plus difficile à admettre, vu les fortes dénivellations (500 mètres au minimum) qu'il faut admettre entre les bords de la cuvette et son fond, telles

qu'elles ressortent des sondages d'Eelen et de Dilsen, d'Opglabbeek et de Louwel-Gruitrode.

Tel est l'état de la question qui, comme on le voit, est encore loin d'être résolue avec certitude, dans un sens ou dans l'autre.

M. le *baron van Ertborn* rapporte qu'un sondage de 5 à 600 mètres, pratiqué en Hollande, a rencontré le Trias et a donné des roches salifères.

M. *P. Habets* croit intéressant de faire remarquer que tous les géologues qui ont eu sous les yeux les échantillons de roches rouges du Limbourg, les rapportent à l'âge permo-triasique, qui est celui assigné aux roches analogues rencontrées sur les bords du Rhin. Le sondage de Biesen-Ven est le plus occidental qui ait touché ces roches. Le sondage de Donderslag (n° 5 de la Société Cockerill), situé sur la ligne Biesen-Ven, Louwel, Eelen, est passé du terrain crétacé directement dans le Houiller et semble, par les données paléontologiques, avoir atteint les couches les plus récentes de ce terrain rencontrées à ce jour dans notre pays, couches qui appartiennent au Westphalien supérieur.

La présence du Houiller sous le Crétacé à Donderslag, alors que les forages de Biesen-Ven, de Louwel et d'Eelen n'ont atteint que les roches rouges, montre pour les roches rouges une allure analogue à celle rencontrée sur les bords du Rhin et justifie l'hypothèse des golfes permo-triasiques suivant les conditions de gisement admises par M. Hundt pour cette dernière région.

Des vues sont ensuite échangées entre MM. *Stainier* et *Simoens* au sujet de l'assimilation du Houiller supérieur au Stéphanien, et ce sur la demande de M. *Simoens*, tendant à savoir si l'on a bien constaté le Houiller supérieur en Campine, c'est-à-dire le Stéphanien, mais sans les caractères des dépôts français.

M. le *Secrétaire général* donne ensuite lecture de la note ci-après de M. J. Cornet :

DOCUMENTS

SUR

L'EXTENSION SOUTERRAINE

du Maestrichtien et du Montien

DANS LA VALLÉE DE LA HAINE

(DEUXIÈME NOTE)

par J. CORNET

Les données que l'on possède sur l'étage montien sont assez clairsemées pour qu'on ne laisse échapper aucune occasion de tirer parti des documents fournis par les sondages et les puits artésiens sur son extension en dessous du revêtement de terrains plus récents, qui en cache presque partout les régions les plus intéressantes.

Nous avons exposé précédemment l'état de nos connaissances sur cette extension souterraine et ajouté quelques éléments inédits à la question (1).

Depuis lors, nous avons pu acquérir quelques renseignements nouveaux. On nous a procuré la liste des terrains traversés en deux forages creusés à Cuesmes (hameau du Troubiot et brasserie Carlier frères) et quelques renseignements sur un puits artésien exécuté à la brasserie Caulier, à Mons. Ensuite, nous avons pu suivre, grâce à l'obligeance de M. G. Denil, l'ingénieur distingué qui dirige la construction du canal du Centre, le forage d'un puits artésien situé près de la gare de Mons. Nous profiterons de l'occasion pour donner la liste des terrains traversés dans un puits artésien creusé en 1844-1845 au moulin Cousin, au Pont-Canal, ces documents n'ayant jamais été publiés jusqu'ici.

(1) J. CORNET, *Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine*. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XIV, 1900, *Proc.-Verb.*, pp. 249-257.)

Puits artésien du Troubiot, à Cuesmes (1).

Interprétation.	Terrains traversés.	Épaisseur du dépôt.	Profondeur de la base.
MODERNE	Tourbe	2 ^m ,00	2 ^m ,00
QUATERNAIRE.	Sable gris	8,00	10,00
LANDENIEN <i>L1</i>	Sable vert	7,00	17,00
MONTIEN <i>Mn1</i>	Tufeau	14,60	31,60

A 200 mètres au Sud de ce forage, contre le chemin qui contourne l'étang de Cuesmes, un puits artésien a été creusé en 1878. En voici la coupe :

Puits artésien de l'Étang, à Cuesmes (2).

Interprétation.	Terrains traversés.	Épaisseur du dépôt.	Profondeur de la base.
MODERNE	Limon tourbeux	0 ^m ,30	0 ^m ,30
	Tourbe presque pure, noire	0,60	0,90
	Tourbe limoneuse	3,40	4,00
QUATERNAIRE	Sable gris	2,50	6,50
LANDENIEN <i>L1</i>	Sable glauconifère, noir verdâtre, argileux vers le bas	0,95	7,45
	Gravier de cailloux de silex, jusque		7,80

Puits artésien de la brasserie Carlier frères, à Cuesmes (3).

Interprétation.	Terrains traversés.	Épaisseur du dépôt.	Profondeur de la base.
QUATERNAIRE.	Limon jaune.	5 ^m ,00	5 ^m ,00
	Limon gris jaunâtre		
	Sable gris avec sable glauconifère remanié et éclats de silex	5,00	10,00
	Gravier	0,40	10,40
LANDENIEN <i>L1</i>	Sable glauconifère avec gravier à la base.	5,15	15,55
MONTIEN <i>Mn1</i> (et MAESTRICHTIEN?)	Tufeau tendre	14,00	29,55
	Tufeau avec bancs de silex	1,50	31,05
	Tufeau cohérent	6,00	37,05

(1) A 810 mètres au Nord du clocher de Cuesmes. L'orifice est à la cote 30.

(2) Orifice à la cote 31.50.

(3) Situé à 265 mètres au Nord et 460 mètres à l'Est du clocher de Cuesmes. Cote de l'orifice = 35.

Puits artésien de la brasserie Caulier, avenue Frère-Orban, à Mons.

Je n'ai pu me procurer sur ce forage, pratiqué en 1902, que des données très sommaires, dont je ne garantis par l'exactitude. Sous une assez forte épaisseur de terrain non en place (terre-plein des boulevards), on aurait traversé quelques décimètres de sable ypresien, boulant, puis l'argile ypresienne, dont la base aurait été atteinte à 19^m,50. De 19^m,50 à 54 mètres, sable glauconifère landenien (*L1*); de 54 mètres à 61 mètres, sorte d' « argile durcie ». La craie blanche (??) aurait été atteinte à 61 mètres.

Puits artésien du canal du Centre, à Mons (1).

Interprétation.	Terrains traversés.	Épaisseur du dépôt.	Profondeur de la base.
NON EN PLACE . . .	Remanié (sable contenant des fragments de briques, etc., jusqu'à la base) . . .	5 ^m ,00	5 ^m ,00
MODERNE . . .	Tourbe	0,05	5,05
	Sable limoneux gris clair	3,00	8,05
Quaternaire . . .	Sable graveleux, passant à un gravier de cailloux de silex, grès paniselien et phtanite houiller	1,50	9,55
YPRESIEN <i>Yc</i> . .	Argile grise ou gris brunâtre.	8,00	17,55
LANDENIEN <i>L1</i> . .	Sable glauconifère; à la base, cailloux verdîs de silex, phtanites, etc.	16,50	34,10
	Sable glauconieux, d'une extrême finesse, vert foncé, presque noir à l'état humide.	3,00	37,00
	Sable argileux glauconifère, extrêmement fin, formant, à l'état humide, une masse noire rappelant le cirage, plastique, tenace à la traction	2,50	39,50
INFRALANDENIEN . .	Même roche, empâtant un gravier de menus cailloux de phtanite, quartz, etc., et de nombreux fragments d'une sorte de tufeau glauconifère très cohérent.	0,35	39,85
	Marne plastique gris clair, légèrement glauconifère	0,75	40,60
	Calcaire légèrement argileux, très compact, très tenace, gris foncé, bigarré de gris plus clair, légèrement cristallin par place, avec <i>Physes</i> , <i>Pisidium</i> et graines de <i>Chara</i>	1,35	41,95
MONTIEN <i>Mn2</i> . . .			
	Calcaire grossier jaunâtre, rappelant le Calcaire de Mons type, avec vestiges de bivalves (quelques centimètres).	0,05	42,00
MONTIEN <i>Mn1</i> . . .			

(1) A 500 mètres au Nord et 400 mètres à l'Ouest du beffroi de Mons. Orifice à la cote 30.

Nous appelons l'attention sur l'analogie qui existe entre les roches traversées de 34^m,10 à 40^m,60 et celles que Delvaux a signalées, en 1876 (1), au puits artésien Paulet, entre 57 mètres et 69 mètres, et qu'il a qualifiées de : « Heersien, ou terme nouveau du Landenien inférieur ».

Des roches infralandeniennes analogues à celles-là sont reconnaissables dans les données de plusieurs sondages forés à l'Ouest de Mons dans les vallées de la Haine, notamment au puits artésien du moulin Cousin, dont nous allons donner la coupe (profondeur de 68^m,64 à 77^m,75).

Nous ne pouvons, dans une note exclusivement consacrée à la publication de simples documents, discuter la question de l'âge de ces dépôts, sur laquelle nous nous proposons de revenir plus tard.

Bornons-nous à faire remarquer qu'il s'agit de dépôts marins (glauconifères) qui n'ont rien de commun avec le Montien supérieur (d'eau douce) ni avec les argiles à végétaux de Trahegnies, qualifiées de *heersiennes* sur la feuille Binche-Morlanwelz de la Carte géologique.

*Puits artésien du moulin Cousin, au Pont-Canal, à Mons (2),
foré en 1844-1845.*

Les données relatives à ce forage sont des plus laconiques. Nous en donnons les interprétations qui paraissent les plus probables.

Interprétation.	Terrains traversés (3).	Épaisseur du dépôt.	Profondeur de la base.
MODERNE	Alluvions (<i>alm</i>). Terre végétale.	2 ^m ,64	2 ^m ,64
	Id. Argile	1,32	3,96
	Id. Tourbe	0,14	4 10
QUATERNAIRE.	Sable mouvant	5,29	9,39
	Gravier	1,17	10,56
YPRESIEN SUPÉRIEUR (<i>Yd</i>).	Sable	1,76	12,32
	Argile verte	0,60	12,92
	Sable gras	1,17	14 09
	Argile verte	1,47	15 56
	Sable gras	0 60	16,16

(1) E. DELVAUX, *Note sur un sondage exécuté à Mons en septembre 1876* (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. IV, p. 51, 1876).

(2) A 30 mètres au Nord et 1 650 mètres à l'Ouest du beffroi de Mons. Orifice à la cote 29.

(3) Textuellement d'après le carnet de sondage.

Interprétation.	Terrains traversés.	Épaisseur du dépôt.	Profondeur de la base.
YPRESIEN INFÉRIEUR (Yc).	Argile verdâtre	24,41	50,57
	Grès tendre	0,14	40,71
	Sable mouvant	23,52	64,23
	Sable gras	4,41	68,64
LANDENIEN INFÉRIEUR (Lt) et INFRA LANDENIEN.	Argile vert foncé	2,94	71,58
	Id. moins foncé	1,47	73,05
	Id. jaunâtre	1,17	74,22
	Id. verdâtre	2,06	76,27
	Id. plastique	1,47	77,75
	Graie, tufeau, silex et sable	4,12	81,87
	Argile marneuse	0,60	82,47
	Marne	0,88	83,35
MONTIEN SUPÉRIEUR (Mn2).	Argile	0,85	84,20
	Marne	14,92	99,12
	Gravier	0,44	99,56
	Marne	5,82	105,44

M. Rutot, vu l'heure avancée de la séance, remet à une réunion prochaine sa communication sur l'état de la question de l'antiquité de l'homme. Par contre, il donne connaissance, d'une part, de la découverte d'ossements nouveaux recueillis dans les travaux de Bruxelles-Maritime et, d'autre part, de la prise de possession, par le Musée royal d'Histoire naturelle, d'une magnifique tortue trouvée dans le Landenien supérieur de Grand-Reng. L'orateur a envoyé pour le procès-verbal de la séance la rédaction suivante, un peu développée, de sa communication orale.

QUELQUES

DÉCOUVERTES PALÉONTOLOGIQUES NOUVELLES

PAR

A. RUTOT

Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique,

Dans ces derniers temps, le personnel du Musée royal d'Histoire naturelle a été informé de la découverte d'ossements fossiles dans diverses localités; de plus, notre dévoué confrère M. l'ingénieur en chef De Schryver, directeur des travaux maritimes de Bruxelles, a

continué à nous transmettre, avec tous les renseignements nécessaires, les trouvailles faites dans les gigantesques travaux dont il a la haute direction.

Nous allons dire quelques mots de chacune de ces trouvailles.

I.

Découverte d'une molaire d' « *Elephas antiquus* » dans les travaux maritimes de Bruxelles, à Laeken.

Il y a quelques semaines, M. l'ingénieur en chef De Schryver faisait parvenir au Musée, avec quelques fragments d'ossements, une molaire d'Éléphant qui attira aussitôt l'attention des naturalistes du Musée.

Jusqu'ici, les nombreuses pièces rencontrées dans les travaux maritimes de Bruxelles, lors de l'enfoncement des caissons de piles ou de culées de pont, qui pénètrent et traversent en entier les sables et cailloux campiniens du fond de la vallée de la Senne, pour reposer sur le sable argileux ypresien (Éocène inférieur), avaient toujours pu être aisément rapportées à l'une ou l'autre espèce de l'ensemble faunique actuellement bien connu et que l'on désigne sous le nom de *faune du Mammouth*.

En effet, depuis mes dernières communications, de nombreux restes de cette faune, recueillis à des cotes diverses dans le cailloutis campinien, s'étaient ajoutés à ceux que nous possédions déjà, venant sans cesse confirmer l'homogénéité de la faune du Mammouth, caractérisant d'une manière si nette et si précise la deuxième assise de notre Quaternaire, connue sous le nom d'*assise campinienne*. On sait qu'en Belgique, cette assise renferme en toute évidence, et à des niveaux définis, les faciès de l'industrie humaine que j'appelle, en commençant par le bas :

- a. Transition du Mesvinien au Chelléen,
- b. Chelléen,
- c. Acheuléen.

C'est donc avec le Campinien que commence, d'une manière très nette, la grande *époque paléolithique*, contrastant ainsi avec la première assise quaternaire ou *assise moséenne*, caractérisée par la seule présence de l'industrie primitive ou *éolithique*.

La molaire envoyée par notre zélé confrère, M. l'ingénieur en chef De Schryver, et provenant du caisson devant supporter la pile pivot du

pont de l'avenue Van Praet, à Laeken (cote 4.60; base caillouteuse du Campinien, au contact avec l'argile ypresienne), attira donc immédiatement notre attention.

Son facies, de prime abord, ne se rapportait en rien à l'*Elephas primigenius*, auquel nous sommes maintenant si habitués; car les lamelles dentaires, très écartées, indiquaient une forme plus ancienne.

J'eus recours aux lumières de notre confrère M. Dollo, conservateur au Musée, et, après de nombreuses recherches dans les ouvrages des principaux auteurs, nous en sommes arrivés à considérer la molaire comme appartenant à l'*Elephas antiquus*, bien que nous ayons penché à plusieurs reprises pour l'*Elephas meridionalis*.

Ce qui nous a fait pencher en définitive pour l'*Elephas antiquus*, c'est que la molaire est longue et étroite et que les lamelles ne présentent pas les fortes irrégularités de contour qui se montrent sur les dents de l'*Elephas meridionalis*.

Ajoutons que la molaire se trouve dans un état parfait de conservation, aussi fraîche que peut l'être la plus belle dent de Mammouth. Elle est de la même couleur gris foncé que les autres ossements du Campinien et ne présente aucune trace de roulage par transport ou charriage plus ou moins prolongé.

Quelle conclusion peut-on tirer de cette découverte?

Aucune conclusion ferme ou définitive assurément; toutefois, on peut émettre les considérations suivantes :

La molaire a été rencontrée dans un lit caillouteux base du Campinien, reposant sur l'Ypresien, à la cote 4.60.

La cote du sol naturel, dans la vallée de la Senne, à Laeken, étant 15, cela signifie donc que la molaire a été rencontrée à 10^m,40 de profondeur.

Deux hypothèses se présentent :

1° Ou bien la pièce est *in situ*, ou en position originelle;

2° Ou bien elle n'est pas en position originelle.

Jusqu'à présent, le Campinien n'a fourni, à notre connaissance, aucun représentant authentique de la faune de l'*Elephas antiquus*.

La molaire d'*Elephas antiquus* recueillie constitue donc une grande nouveauté.

Si le Campinien, toujours situé à des cotes très basses, puisque les dépôts de cette assise ont été abandonnés aussitôt le creusement maximum des vallées accompli, et dès lors souvent noyés par la nappe aquifère phréatique, ce qui est la principale condition de conservation des fossiles, a toujours recélé jusqu'ici la faune du Mammouth pure, sans

mélange, en revanche, nous ignorons presque complètement — en Belgique — quelle est la faune renfermée dans l'assise inférieure du Quaternaire, ou *moséenne*.

En dehors du squelette et d'un ossement isolé d'*Elephas antiquus* rencontrés à Hoboken, près d'Anvers, dans le cailloutis de base du Quaternaire inférieur, cailloutis représentant la base du facies septentrional du Moséen de Belgique et dont le gisement est ainsi connu, nous n'avons connaissance d'animaux faisant partie de la faune de l'*Elephas antiquus* que par les ossements d'*Hippopotamus amphibius* et d'*H. major* rencontrés à Anvers et à Liedekerke (vallée de la Dendre), en position inconnue, et par un fragment de mâchoire d'un Rhinocéros attribué au *R. Merckii*, rencontré également à Anvers, dans une position probablement semblable à celle des ossements d'Hoboken.

Enfin, du fort de Lierre, le Musée possède un fragment de molaire d'Éléphant rapportée à l'*Elephas meridionalis*, mais qui pourrait peut-être aussi appartenir à l'*Elephas antiquus*.

Dans la moyenne Belgique, les seuls ossements que nous connaissions du Moséen ont été rencontrés à Soignies, dans les carrières du Hainaut, vers le bas du Moséen de la basse terrasse.

C'est un fragment de Rhinocéros indéterminable et des débris de Bovidés communs à la faune de l'*Elephas antiquus* et à celle du Mammouth.

Pour ce qui concerne la Belgique, nous savons donc que si le Campinien est très nettement caractérisé par la faune du Mammouth, il n'y a encore que présomption au sujet de la contemporanéité du Moséen et de la faune de l'*Elephas antiquus*.

Pour la vallée de la Tamise et de ses affluents, la question est parfaitement résolue, le Moséen de la basse terrasse, magnifiquement représenté par les couches à *Corbicula fluminalis* d'Erith, renferme nettement la faune de l'*Elephas antiquus*, richement représentée, avec industrie éolithique reutelo-mesvinienne à la base et mélangée avec les industries mesvinienne et chelléenne, au sommet.

En France, la question n'est pas aussi claire, mais il est, pour moi, hors de doute qu'avant le brassage opéré aux bas niveaux par les eaux campiniennes, il existait des couches moséennes à *Corbicula fluminalis in situ*, avec faune pure de l'*Elephas antiquus* et industries reutelo-mesvinienne à la base et mesvinienne au sommet, auxquelles s'est mélangée l'industrie chelléenne lors du brassage.

Je maintiens, en dépit de tout ce que l'on dira, et jusqu'à preuve du contraire, que les gisements de Chelles et de Cergy, que j'ai vus — et

probablement celui de Tilloux, que je n'ai pas vu, — sont dans ce cas (1).

Il y a donc lieu de penser, en l'absence de preuves absolues, qu'en Belgique comme en France et comme en Angleterre, le Moséen renferme la faune de l'*Elephas antiquus*, tandis qu'il est certain que le Campinien contient, richement représentée, la faune du Mammouth.

La présence d'une molaire d'*Elephas antiquus* à la base du Campinien semble donc être, théoriquement, une véritable intrusion; elle apparaît comme un fossile hors place.

Dans cette hypothèse, d'où pourrait parvenir ce débris?

Il pourrait parvenir simplement du cailloutis base du Moséen de la basse terrasse de la vallée de la Senne, cette basse terrasse se trouvant à quelques mètres seulement au-dessus du niveau actuel des eaux dans la rivière.

La base des dépôts de cette basse terrasse pourrait se trouver à la cote 20 environ.

Dès lors, les débris de l'*Elephas antiquus*, qui pouvaient faire partie du cailloutis moséen lorsque le fond de la vallée de la Senne se trouvait à une profondeur un peu plus élevée que le niveau actuel des eaux, ont pu être pris dans le courant érosif campinien, qui a encore approfondi la même vallée de 10 à 15 mètres en moyenne.

Mais ce mouvement érosif a été sérieux, et les eaux, pour produire l'érosion, ont dû prendre une grande vitesse. De cette manière, les ossements moséens auraient dû être charriés, transportés au loin et fortement roulés, ce qui n'est absolument pas le cas pour la pièce qui nous occupe.

Il ne reste alors que l'hypothèse d'après laquelle la molaire, se trouvant engagée dans le cailloutis base du Moséen, à proximité immédiate du chenal d'érosion campinien déjà creusé, aurait coulé à fond par un éboulement de la rive.

La grande vitesse d'érosion s'étant calmée, les eaux campiniennes auraient abandonné sur le nouveau fond érodé, creusé dans l'Ypresien, le cailloutis qui entoure la molaire.

Cette dernière hypothèse est parfaitement admissible.

Toutefois, on peut en soutenir une autre.

Il semble certain, même dans le cas où la faune de l'*Elephas antiquus*

(1) Le brassage n'a naturellement pas été porté partout à la même profondeur. En certains points, des parties de la base du cailloutis inférieur n'ont pas été remaniées, ce qui peut donner lieu à des observations diverses et parfois contradictoires.

et celle du Mammouth auraient été assez strictement confinées, la première dans le Moséen, la seconde dans le Campinien, qu'il n'y a pas eu une porte par laquelle serait sorti le dernier *Elephas antiquus* avant que soit entré le premier Mammouth.

Il semble certain que c'est la rudesse du climat du deuxième glaciaire quaternaire qui a amené, dans nos régions, à la fois le départ de l'*Elephas antiquus*, habitué à la température tempérée de l'interglaciaire quaternaire, et l'arrivée du Mammouth, qui se développait depuis quelque temps dans les régions de l'extrême Nord, où s'étaient, pendant l'interglaciaire, retirées les glaces du premier glaciaire quaternaire.

Or, comme la molaire d'*Elephas antiquus* se trouve à l'extrême base des dépôts campiniens, il se peut que de rares individus de cet Éléphant aient vécu dans notre pays pendant les premiers temps du deuxième glaciaire et alors que le Mammouth et son cortège faunique venaient d'envahir nos régions, de sorte qu'il se pourrait que nous fussions là en présence de débris d'un des derniers *Elephas antiquus* ayant habité la Belgique. Ainsi, la faune du Campinien, bien que nettement caractérisée par un énorme développement de la faune du Mammouth, admettrait donc encore quelques rares spécimens *in situ* de la faune de l'*Elephas antiquus*.

Nous nous trouvons donc en présence de deux hypothèses également plausibles et rationnelles, entre lesquelles il serait imprudent de se prononcer.

Espérons que l'avenir nous permettra, par de nouvelles découvertes, d'éclaircir cet intéressant problème (1).

II.

Découverte d'une tortue du genre « *Trionyx* » dans le Landenien supérieur du Hainaut.

L'on se souviendra que lors de la course dans le Hainaut, en 1902, faisant suite à celle conduite par M. Gosselet, en 1901, dans le Laonnais, après avoir commencé la première journée par la visite des sablières d'Erquelines, nous avons continué par l'exploration de la grande sablière située en face de la gare de Grand-Reng.

(1) Depuis l'envoi de la molaire d'*Elephas antiquus*, M. l'ingénieur en chef De Schryver a fait parvenir au Musée un important fragment de crâne humain, provenant de la base des alluvions modernes (tourbe) de la vallée de la Senne et recueilli lors du battage des pilotis du Bassin du Batelage. Ce crâne est celui d'un enfant et va être étudié par nos spécialistes. L'âge serait « moderne inférieur » ou néolithique.

Cette grande carrière, connue sous le nom de « Nouvelle Carrière », est destinée à remplacer une autre grande sablière située un peu au Sud et où la Société anonyme de Merbes-le-Château termine l'exploitation du terrain qui lui a été concédé.

Les deux sablières, à peu près également profondes (de 15 à 20 mètres de hauteur), présentent des coupes semblables, que j'ai récemment étudiées en détail, grâce à la découverte dont je désire entretenir la Société.

Ces sablières sont entièrement creusées dans ce que les géologues belges appellent le Landenien supérieur et qui n'est, pour moi, qu'un facies fluvial correspondant au sable marin d'émersion du cycle sédimentaire de l'étage landenien.

Ce terme fluvial d'émersion comprend, dans toute la région d'Erquelines et de Grand-Reng, deux facies superposés : l'un inférieur, formé de sable grossier, très irrégulièrement et obliquement stratifié, avec lits caillouteux et cailloutis à la base, plus, vers le haut, des lits de galets de marne blanche.

Le facies supérieur est constitué par des sables plus fins, plus régulièrement stratifié, parfois argileux vers le haut, traversé de nombreux lits de marne blanche, devenant plus épais à mesure qu'on monte.

Les sables ont une tendance vers le facies marin; les marnes, plus ou moins altérées et transformées sur le pourtour en argile grise, plastique, renferment des débris de végétaux terrestres.

Les deux facies, inférieur et supérieur, ne sont pas séparés par une ligne nette; il y a, au contraire, transition insensible de l'un à l'autre.

Jusqu'à présent, la masse à stratification fluviale inférieure a fourni, à Erquelines seulement, les formes suivantes :

Pachynolophus Maldani Lem.

Crocodylus depressifrons Bla.

Trionyx marginatus = *Henrici*.

— *vittatus*.

Au commencement de mai, la Direction du Musée a été informée, par télégramme, de la découverte d'ossements dans « l'ancienne sablière » de Grand-Reng.

Aussitôt un agent des ateliers du Musée s'est rendu sur les lieux, muni de tout le nécessaire pour l'enlèvement et la préservation du fossile, qui a été reconnu être une tortue.

Peu après, je me rendais à Grand-Reng, où j'ai pu effectuer les constatations stratigraphiques désirables.

C'est ainsi que j'ai pu noter que la tortue, qui mesurait 0^m,70 de longueur, se trouvait à peu près sous la limite de la masse supérieure (sable fin, assez régulièrement stratifié, avec nombreuses lentilles de marne blanche interstratifiées) et de la masse inférieure (sable grossier, obliquement stratifié), les deux masses ayant des épaisseurs sensiblement égales (8 mètres chacune).

La tortue se trouvait donc engagée à plat à 0^m,50 environ sous le contact, assez bien indiqué en ce point, des deux facies superposés, et par conséquent dans le sable fluvial.

Malgré de grandes difficultés pratiques, la carapace se trouvant dans du sable meuble, le fossile a été entouré de plâtre, cerclé de fer, puis amené d'une pièce à Bruxelles, sans avaries.

Après ouverture du bloc et dessiccation, le sable a été délicatement enlevé, et M. Dollo a reconnu une magnifique carapace complète de *Trionyx*, ou tortue d'eau douce, qui ne paraît pas se rapporter aux deux formes connues jusqu'ici. Ceci naturellement sous toutes réserves.

Quoi qu'il en soit, la pièce étant admirablement conservée, elle constituera un précieux appoint pour la connaissance de la faune du facies fluvial d'émersion de l'étage landenien.

III.

Découvertes d'ossements aux carrières de Quenast.

Il y a une quinzaine de jours, notre confrère M. Hankar-Urban, directeur des carrières de diorite quartzifère de Quenast, me faisait savoir que des ossements venaient d'être découverts dans les vastes terrassements exécutés en ce moment au sommet de la ligne de carrières.

Je me rendis aussitôt sur les lieux et je vis l'une des plus belles coupes de terrain quaternaire de la moyenne terrasse de la vallée de la Senne qu'on puisse rêver.

La coupe, presque continue, a près de 1500 mètres de long et 20 mètres de haut.

Sur la roche éruptive, si largement exploitée pour la confection de pavés, se montre d'abord l'argile grise ypresienne; puis, ravinant cette argile en deux lits fluviaux contigus, se développe une splendide coupe

de Moséen de la terrasse moyenne (1), sableux, à stratification fluviale, oblique ou entrecroisée caractéristique.

Vers le haut du Moséen et sur les bords des deux courants sont des glaises moséennes panachées.

Le sommet du Moséen est constitué par un cailloutis, sur lequel reposent 3 à 4 mètres de limon hesbayen, très bien représenté et montrant toutes les subdivisions signalées par M. Ladrière.

C'est sur le bord Est du courant, dans un biseau de glaise moséenne, montrant nettement le cailloutis de base et le cailloutis du sommet, que se montraient les ossements découverts.

L'un de ces ossements, très fragile, avait déjà été complètement brisé. Un autre fragment restait en place. Nous avons recueilli les fragments du premier os, ainsi que le second, encore engagé, et que nous avons reconnu être une côte.

L'os brisé a pu être assez bien reconstitué au Musée, et la côte a pu être facilement dégagée. Les deux ossements paraissent appartenir à un même animal, qui semble être le *Bos primigenius*.

Voici donc la deuxième découverte d'ossements faite dans le Moséen de la moyenne Belgique.

La première découverte a été faite aux Carrières du Hainaut, à Soignies, dans le Moséen de la basse terrasse, et la deuxième à Quenast, dans le Moséen de la terrasse moyenne.

A Soignies, nous avons recueilli :

Rhinoceros sp. ? (fragment d'omoplate),

Bos primigenius (humérus droit),

Bison (calcanéum).

A Quenast, nous avons :

Bos primigenius (humérus droit et côte).

Cette découverte, tout intéressante qu'elle soit, ne résout en rien la question de la faune du Moséen.

(1) La terrasse est parfaitement indiquée. La Senne actuelle coule vers la cote 45. Du bord de la basse terrasse s'élève en pente rapide une muraille rocheuse, jusqu'à la cote 75 environ, puis une nouvelle terrasse s'étend vers la cote 80, terrasse dont le fond est l'Ypresien. C'est à cette cote que commence le Moséen, épais de 8 à 10 mètres, ravinant l'Ypresien et surmonté de limon hesbayen. La base de la terrasse est donc à au moins 35 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux de la Senne; c'est donc bien la *terrasse moyenne*. La terrasse supérieure, quand elle existe, se maintient à environ 90 mètres au-dessus du même niveau.

Le *Bos primigenius* appartient aussi bien à la faune de l'*Elephas antiquus* qu'à celle du Mammouth, et la question n'a pas avancé d'un pas.

Ceux qui font des recherches savent seuls de quelle patience il faut s'armer dans de semblables occasions.

Le principal est que, malgré son extrême pauvreté, le Moséen a pu conserver quelques ossements; cela nous encourage et nous donne l'espoir de prochaines découvertes, qui pourront être plus significatives.

M. le *Secrétaire général* fait connaître en détail le projet de programme pour l'excursion du 31 mai et du 1^{er} juin dans le Hainaut sous la conduite de M. J. Cornet, signale le programme de la Session annuelle projetée dans le Grand-Duché et fait connaître une proposition de M. Stainier pour une course à Flawinnes, Frasnieres, etc. Il rappelle, en terminant, les visites à faire le dimanche, par petits groupes, à l'Institut international de Bibliographie de Belgique.

La séance est levée à 10 h. 45.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 19 MAI 1903.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Eaux de Paris. (*Travaux de la Commission de l'Observatoire de Montsouris pour l'année 1902, troisième volume, 1903.*)

Il y a trois ans que parut le premier Rapport de la Commission d'études pour les eaux de Paris, rapport dans lequel était officiellement reconnu l'état précaire de l'alimentation d'une grande ville de plus de deux millions d'habitants. Pour tous les hygiénistes hors de France, c'était une simple confirmation de ce qu'ils faisaient plus que soupçonner; le *Bulletin* de notre Société, par exemple, a prédit, il y a plus de dix ans, ce qui vient de se passer. Mais pour le service technique de Paris, longtemps considéré comme un modèle à suivre et qui continuait à poser ses principes comme les seuls raisonnables, ç'a dû être un coup de tonnerre dans le ciel serein.

Le mal une fois connu, on a essayé d'y porter remède. Diverses mesures ont été proposées. Le volume actuel doit la plus grande partie de son intérêt aux détails qu'il donne sur celles des mesures exécutées et sur les résultats obtenus.

Nous mettons en première ligne la surveillance médicale des régions alimentant les sources dérivées. L'idée émane de M. Duclaux, qui a réussi à la faire prévaloir; mais il ne suffit pas d'avoir une idée, il faut encore savoir l'exécuter. C'est le Dr Martin qui a été chargé de la réaliser. Il a mobilisé tous les médecins de ces districts pour se faire renseigner immédiatement tous les cas de fièvre typhoïde et pour prendre aussitôt les mesures de préservation. Nous avons l'histoire individuelle de chaque malade : de M^{me} B., boulangère au hameau de Cériseurs, de X., soldat à tel régiment, dont les allées et venues sont suivies avant sa maladie et pendant sa convalescence, de servantes, d'une marchande

des quatre saisons, tous fort graves sans doute, mais dont les biographies ne sont pas de nature à arrêter notre attention.

Quel est le résultat de ce formidable labeur? Franchement, on ne le voit pas. C'est que, de par sa nature même, ce résultat ne peut être que quelque chose de négatif : empêcher une épidémie de se produire. Mais pour être négatif, ce résultat n'en est pas moins important. A-t-il réellement été obtenu? Nul ne pourrait le dire ; pour ma part, j'ai la conviction qu'il l'a été et que, sans ces enquêtes, nous aurions vu des chiffres beaucoup plus élevés pour la mortalité par fièvre typhoïde.

C'est que ces études ne sont pas considérées par leur auteur comme un travail académique, mais comme des éléments d'information pour régler le service des eaux, par exemple mettre en décharge les sources les plus suspectes. Depuis octobre 1900, c'est-à-dire depuis deux ans et demi, la source du Miroir, dans le district de la Vanne, n'est plus employée, privant l'alimentation de 44 000 mètres cubes par jour. C'est également le Dr Martin qui signale au chimiste, au bactériologiste, au teinturier (M. Marboutin ne nous en voudra pas de ce titre pour son emploi de la fluorescéine) les recherches à faire ; aux ingénieurs, les travaux à exécuter pour barrer la route aux microbes pathogènes. Le vrai directeur des eaux, c'est lui. Il personnifie la science de l'hygiéniste, qui commande à l'art de l'ingénieur. De cette façon, chacun est dans son rôle naturel et les choses sont remises en leur place logique. C'était une interversion des rôles que cette omnipotence de l'ingénieur, faisant fi des enseignements de la science. On a fini par le comprendre à Paris, après les dures leçons de l'expérience.

La situation actuelle, non reconnue officiellement mais réalisée en fait, est donc pour le mieux. Mais voyons un peu de plus près ce qu'est ce mieux. Pour presque toutes les sources, les trois quarts des analyses de M. Miquel décèlent du *coli* ; on n'a pas réussi à empêcher une contamination plus grave et il y a eu, en 1902, une poussée épidémique due à l'eau de la Vanne. A deux reprises, des bougies Chamberland, contrôlant l'eau du réservoir de la Vanne, ont donné le bacille d'Eberth. Ce mieux est donc encore, en somme, assez précaire. Malgré tout le zèle, toute l'intelligence des médecins, le concours et la bonne volonté du service technique, toutes les mesures ne sont que des palliatifs, et la situation continue à être dominée par les effets d'un système radicalement vicieux : l'utilisation telle quelle, sans épuration, des eaux du calcaire fissuré.

Souvent, par la pensée, je me suis mis à la place du directeur général

du service des eaux à Paris, et je confesse avoir trouvé du réconfort dans la comparaison. Les ennuis quotidiens du filtrage au sable nécessitent une attention soutenue, une vigilance de tous les instants; il y a toujours quelques mesures à prendre, quelques précautions à recommander; il y a généralement un moyen quelconque assez simple de parer aux difficultés. Mais que faire avec une alimentation exclusivement composée d'eau de source où chaque jour des savants éminents signalent les plus graves défauts? Il n'y a que le procédé brutal de mettre les sources suspectes en décharge, mais il ne faudrait pas une sévérité exagérée pour successivement condamner ainsi la presque totalité et assécher les installations.

Autrefois on recourait à l'eau de rivière, aujourd'hui cette pratique par trop sommaire est abandonnée, et l'on évite ces eaux, même filtrées; c'est compenser par un excès de zèle aujourd'hui, le sans-gêne antérieur. Il n'y a littéralement rien à faire; on se trouve dans une impuissance absolue, et lorsque deux fois, en avril 1902, les bougies de MM. Miquel et Cambier avaient retenu le bacille de la fièvre typhoïde, on s'est dit que l'eau était consommée quand l'analyse décèle le bacille, qu'il sortait de l'ensemble de toutes les eaux de la Vanne sans qu'on pût soupçonner telle ou telle source et qu'il était impossible de supprimer du coup 150,000 mètres cubes par jour (p. 89). On a fait une enquête, on a redoublé de surveillance, mis en éveil tous les médecins de la région, laissé continuer l'alimentation et l'on a attendu les deux semaines d'incubation de la fièvre typhoïde. Rien ne s'est manifesté ni à Paris ni à Sens, localité « témoin », comme on sait, pour l'aqueduc de la Vanne.

Parmi les travaux de protection mentionnés dès le début dans le premier Rapport, nous avons signalé la recommandation de rendre étanche par pavage le lit des rivières dans leur traversée de terrains calcaires fissurés. Cela est plus tôt dit que fait. L'énormité d'un pareil travail est nettement mise en lumière par un seul cas. Il y a dans la région de l'Eure un courant souterrain important, dit « courant des Boscherons », qui pourrait donner de 180 à 220 litres par seconde, mais il est contaminé par une rivière : l'Iton, qui passe par Evreux. « Si l'on voulait capter ce courant souterrain, dit le Rapport, il serait indispensable de le mettre à l'abri de ces infiltrations en construisant un lit étanche à la rivière au niveau des pertes. Ce lit étanche devrait avoir 21 kilomètres de long sur une largeur de 8 mètres » (!), et cela pour un seul cas, et il y en a ainsi des douzaines. Et quel serait le résultat? Le Rapport continue en formulant toute une série de réserves

trop longues à détailler, mais qui se résument en ceci : c'est que, probablement, il n'y aura plus d'eau dans le courant des Boscherons, puisque le pavage est destiné à empêcher son alimentation directe, et que, s'il en reste, elle ne vaudra rien quand même, car il y a d'autres causes de contamination, notamment des prairies absorbantes, qu'on ne propose pas de daller. Il y aurait en outre sur la rive droite de l'Eure tous les ruisseaux se perdant dans le sol, d'après M. Dollfus. Ce fait serait très important, déclare M. Dienert dans la séance du 9 juin, mais il ne serait pas exact. « M. Dollfus a été probablement abusé par le jeu de nombreux biefs de moulin. » Voilà deux affirmations difficilement conciliables, et il nous semblerait étrange qu'un géologue pratiquant comme M. Dollfus pût prendre des biefs de moulin pour des bétoires.

Pour ces mêmes sources dans la vallée de l'Eure, on a cité un fait à l'appui « de l'hypothèse qu'elles reçoivent des infiltrations directement de la rivière ». Il y a deux puits forés donnant une eau légèrement jaillissante; un jour, un des barrages de la rivière se rompt et les puits cessent de jaillir; le barrage est réparé et les puits jaillissent de nouveau. Pour une hypothèse, c'est une hypothèse bien confirmée.

Il y a lieu de remarquer que ces derniers détails s'appliquent non à des sources déjà utilisées, mais à des sources dont le captage est en perspective. On se rappellera que M. Bechmann posait comme norme pour l'appréciation de la qualité des sources à capter, la comparaison avec les sources déjà en service; il prétendait poser la question ainsi : Les sources nouvelles valent-elles les anciennes? Une réponse affirmative devait, d'après lui, faire décider leur acquisition; mais la Commission a été d'avis que c'était plutôt une raison pour s'abstenir. Il est certain que le service technique s'est trop uniquement préoccupé de la question de quantité et seulement d'une façon tout à fait accessoire de la question de qualité. La Commission nommée précisément pour accomplir la besogne difficile de remédier à la mauvaise qualité hygiénique des sources déjà captées, ne pouvait décemment pas se laisser faire et reprendre les errements si regrettables des ingénieurs. On examine donc d'un peu plus près, et bien des renseignements sont acquis par une étude même sommaire. Le service technique avait jeté son dévolu sur les eaux du val d'Orléans (Loiret); des achats de terrains, paraît-il, avaient même été faits, et l'affaire aurait été bâclée sans l'opposition très décidée de la Commission, qui a exigé de nouvelles études. Ces études viennent d'être terminées, et leur conclusion est que « les eaux du val d'Orléans sont des eaux de rivière qui ont circulé

dans le calcaire de Beauce. Elles sont rafraîchies et dégrossies. Leur teneur bactériologique et leur teneur en matières organiques présentent de grandes variations. Elles sont louches au moment des crues de la Loire. Elles ne sauraient donc être livrées pour l'alimentation sans épuration. »

Ce qu'il y a d'important, c'est l'affirmation qu'il peut y avoir de l'eau sortant spontanément de terre, c'est-à-dire des « sources », nécessitant une épuration préalable. Pourtant ce principe ne serait pas nouveau, même à Paris et pour le service technique, car M. Bechmann rappelle (p. 28) que déjà en décembre 1900 la Commission technique avait insisté sur la nécessité de prévoir le moyen de stériliser ou, à défaut, de filtrer ces eaux. Ces déclarations sont fort nettes, mais je me croyais certain de les entendre pour la première fois. J'ai donc repris le 2^e volume des travaux de la Commission, où il y a des extraits des procès-verbaux de cette Commission technique et où le val d'Orléans est fréquemment cité; je n'y ai trouvé aucune mention de filtrage à cette époque.

Plusieurs des sources mentionnées comme captables offrent des particularités douteuses. On discute s'il faut prendre les sources de Cailly ou celles de Hondouville. Les premières sont dans la région de l'Eure, à proximité des deux puits intermittents, circonstance qui fait hésiter la Commission. C'est M. Janet qui signale les sources de Hondouville. Seulement leur captage est évalué *grosso modo* par M. Bechmann à 10 000 000 de francs, chiffre réduit à la séance suivante à 6 000 000 de francs, après une visite sur les lieux, visite qui a montré que ces sources prennent naissance au milieu d'un village et à proximité d'un cimetière, circonstances qui les met immédiatement hors concours.

Il s'agit donc d'acheter les sources de Cailly, mais la plupart des membres estiment qu'on devrait les étudier plus sérieusement. M. Bechmann répond qu'il ne s'agit pas de l'amenée possible de cette eau de source à Paris, mais du principe de son acquisition, qui s'impose impérieusement. La marche à suivre serait, d'après lui, la suivante : Commençons par acheter, nous aurons alors le temps d'étudier tout à l'aise et de voir si on peut oui ou non capter. M. le conseiller municipal Navarre n'a pas bien compris ce raisonnement; cet homme simpliste croit que si la Ville achète des sources, c'est pour les utiliser; sinon, dit-il, c'est une perte sèche. Mais M. Bechmann fait remarquer qu'il est à craindre que les prétentions des propriétaires ne s'élèvent considérablement quand ils apprendront que les eaux ont été étudiées

et reconnues bonnes; il convient qu'en les achetant avant des études plus complètes, on court un risque, mais on paiera moins cher. M. Navarre doit avoir senti toute la force de cette argumentation, mais il a trouvé de suite un biais. « Alors, s'est-il écrié, laissons croire que nous n'en voulons pas! » La discussion continue assez confuse et elle est résumée d'une façon imprévue par le préfet de la Seine, président, qui déclare comprendre parfaitement les hésitations de la Commission, d'autant plus que la question d'acquisitions n'est pas de son domaine, cette question étant liée à des considérations qui échappent à sa compétence (p. 24). Et le compte rendu met « Assentiment », et la séance est levée.

Il a également été question des sources de la Haute-Seine et de l'Aube; les expériences de M. Dienert ont dès maintenant prouvé que certaines sources sont en relation avec la Seine et « que la source de la Gloriotte communique avec les égouts de Chatillon, on ne peut rien conclure encore quant à leur captage ». On comprend sans plus que j'ai tenu à citer textuellement; ce serait un peu trop fort; mais la phrase est incorrecte et il doit y avoir une erreur typographique.

Deux autres procédés mis en avant l'année passée ont occupé la Commission dans le courant de 1903. Le chimiste Adolphe Carnot, membre de l'Institut, directeur de l'École des Mines, a proposé de purifier les eaux de la Loire en les filtrant à travers les épaisseurs de graviers d'alluvion de la vallée. Les difficultés techniques signalées par M. l'ingénieur Babinet et les observations de M. Janet sur la constitution géologique ont fait écarter ce projet. On n'a même pas voulu faire un essai sur une petite échelle avec un filtre de 25 mètres carrés de ces graviers, le coût de l'expérience étant évalué par M. Carnot de 15 à 20,000 francs. Je me demande comment on aurait constitué ce filtre. Le sable se tasse tout seul et l'on peut réaliser avec lui très aisément les conditions de son gisement naturel; mais avec des cailloux et des galets, cela ne va plus.

M. Carnot a cependant fourni plusieurs arguments. Quand le Dr Cornil lui fait observer que la membrane superficielle des filtres à sable, composée d'algues et de microbes, intervient pour une large part dans la filtration, M. Carnot déclare qu'on pourrait laisser se former cette couche dans le gravier si on la juge utile. Seulement il oublie que les algues et les microbes ont aussi leur mot à dire, qu'ils sont personnages parfois assez fantasques et qu'ils pourraient refuser de se former dans l'épaisseur des couches de galets, malgré la déclaration d'utilité publique d'une telle formation.

Une autre objection est la question de température : les eaux vont être chaudes en été. Ici aussi M. Carnot a trouvé une solution « très simple et assez efficace, en protégeant les terrains d'épandage contre les rayons du soleil en été par des rangées de peupliers orientées de l'Est à l'Ouest, donnant par conséquent passage aux vents dominants de l'Ouest, qui activeraient l'évaporation et, par suite, la réfrigération de l'eau » (p. 30). L'idée des peupliers réfrigérateurs a incontestablement le mérite de la nouveauté.

Le deuxième projet est la suralimentation artificielle de couches de sable, d'après la méthode de l'ingénieur suédois Richert. C'est M. Léon Janet qui a recommandé ce système et indiqué un endroit favorable à son application. Il a surtout insisté sur la possibilité de faire de l'irrigation intermittente et de régler l'alimentation de façon à ne jamais noyer entièrement le sable; il estime que l'air toujours présent en abondance détruira alors par oxydation la matière organique, ce à quoi l'un des membres, M. Schloesing, paraît tenir beaucoup. M. Janet voudrait arranger les choses « de telle sorte que l'eau coulât verticalement en contournant chaque particule sableuse sans remplir les vides existant entre les grains », ce qu'il nomme « le filtrage à sec ». L'expression est paradoxale, pour une idée très raisonnable. Mais M. Janet n'a-t-il pas quelque peu négligé les actions de capillarité? Ce qu'il veut obtenir, c'est une masse de sable imbibé d'eau, mais non jusqu'à saturation; il est à prévoir qu'une telle masse retiendra énergiquement toute cette eau; en fait, de nombreux essais ont démontré qu'il en est réellement ainsi, par exemple les essais de F. H. King en Amérique et ceux tout récents de Spring. Si tant est que M. Janet veuille travailler « à sec », ce ne sera pas seulement son filtrage, mais aussi son drainage qui sera à sec. S'il veut obtenir quelque chose, il devra donner assez d'eau pour noyer au moins les couches profondes, où il poussera ses galeries captantes.

Le système Richert n'est jusqu'ici appliqué qu'à Gothembourg, où les conditions locales paraissent tout spécialement favorables à sa bonne marche. On remarquera, en effet (figure p. 330 du 5^e volume de Montsouris et *Techn. san.*, 1^{er} octobre 1902, p. 117), que la couche arénacée aquifère repose dans une cuvette rocheuse et est surmontée de couches argileuses imperméables qui empêchent les infiltrations directes de la rivière. Le sable vient affleurer sur l'un des bords de la cuvette rocheuse, à une altitude suffisante pour assurer une bonne imprégnation par gravitation. Le bassin est en somme fermé et l'eau irriguée ne peut se perdre.

M. Janet signale que Amsterdam a songé à employer ce procédé. L'ingénieur en chef M. Pennincka, en effet, fait des propositions préliminaires dans ce sens; mais la Commission spéciale (MM. Van Hasselt, Lindley, Saltet), dans son rapport du 17 mai 1902, après mûr examen, n'a pas cru pouvoir le recommander, à cause de son coût élevé. Si à Gothenbourg les puits captants sont à 200 mètres du bassin d'infiltration, il faudrait pour Amsterdam seulement 50 mètres; pour une plus grande distance, l'eau ne passerait plus assez rapidement en quantité suffisante, à cause de la finesse du sable et du peu de pression (hauteur du terrain) qu'on peut donner. Il y a aussi à tenir compte de la perte inévitable par écoulement latéral dans le sous-sol, quand la couche filtrante n'est pas en bassin fermé; cette quantité perdue augmente le coût, quand il faut pomper l'eau à infiltrer, et assez haut, comme ce serait le cas pour Paris.

Un grand avantage du procédé serait la fraîcheur de l'eau; à Gothenbourg, elle a 8° en été et 10° en hiver, preuve d'un long séjour dans le sol.

M. Bechmann a visité Gothenbourg en juillet 1902. Nous avons rarement l'expression de son opinion sur les diverses installations qu'il a vu; mais ici il a fait un rapport, fort sommaire, puisqu'il n'y a que quatre pages. « Cette ville a du moins le très réel mérite d'avoir fait une première application, et fort réussie, d'un nouveau principe qui paraît susceptible d'en trouver d'autres lorsqu'on rencontrera les circonstances locales très particulières qui sont la condition nécessaire de ce filtrage naturel. » C'est à peu près ce que nous venons de dire, sauf que nous avons indiqué quelques-unes de ces conditions.

Néanmoins, « l'amélioration obtenue est sans grand intérêt pour l'alimentation même de la ville de Gothenbourg, puisque, la distribution étant unique, les eaux des diverses provenances y sont indifféremment mélangées ». Nous avouons ne pas comprendre l'objection. Que peut bien faire le sort ultérieur de l'eau sur l'efficacité d'un procédé d'épuration? L'importance accordée au mélange des eaux est une de ces singulières idées des hygiénistes français, et l'on peut d'autant plus s'étonner de l'entendre dans la bouche de M. Bechmann, que c'est lui-même qui en fait ressortir l'extravagance, tout en faisant des travaux coûteux pour satisfaire cette fantaisie de quelques crieurs.

Les machines sont admirablement tenues, mais « le laboratoire d'essais, confié au chef d'usine, simple mécanicien qui a, paraît-il, acquis quelque habileté dans les manipulations chimiques et bactériologiques, laisse par contre une impression assez médiocre ». N'ayant

pas vu ce laboratoire, je ne puis rien en dire. Mais j'ai quelque expérience de la collaboration de mécaniciens et j'ai beaucoup de confiance dans un service contrôlé constamment par ces auxiliaires modestes, mais souvent fort intelligents ; les grands noms, les savants de marque sont souvent moins efficaces. Ce qu'il faut, c'est le contrôle quotidien, permanent, la multiplicité des analyses, par un opérateur toujours sur place. Si j'avais à diriger Paris, endéans l'année, tous mes cantonniers couleraient des plaques de gélatine et j'aurais chaque jour des renseignements très précieux.

Hambourg a également été visité ; les renseignements sont encore plus sommaires : ils tiennent en deux pages. M. Bechmann se réfère à la description par Andreas Meyer et se borne à quelques courtes mentions supplémentaires. Il nous apprend que les appareils automatiques pour régler la marche des filtres ne fonctionnent plus et que ce réglage se fait à la main. Le laboratoire, bien outillé, ne fait « que » la numération des bactéries par la méthode de Koch, sans aucune recherche d'espèces déterminées, telles que le bacille coli ou celui d'Eberth. — M. Bechmann trouverait peu de distributions d'eau où l'on fait ces recherches ; mais il y a les statistiques de mortalité, qui disent aussi quelque chose, notamment qu'avec les eaux filtrées, il y a réduction au minimum de la fièvre typhoïde, tandis qu'à Paris, cette maladie est beaucoup trop fréquente, à cause des sources contaminées.

Il y a un rapport d'une vingtaine de pages de M. Miquel, sur des expériences avec les filtres à sables pour des eaux de rivière et des eaux de source. Ce rapport est des plus importants et mérite de fixer par conséquent notre plus sérieuse attention.

Je ne sais plus quel philosophe, avant de se mettre à vaticiner sur l'essence de l'être en soi et sur le fond et le tréfond de la nature des choses, a commencé par faire abstraction de tout ce qu'il connaissait, pour tout découvrir à nouveau par la seule force du raisonnement ; sa première néo-découverte a été, si je me rappelle bien, la réalité d'existence de son moi intérieur. C'est un peu la méthode qu'a appliquée M. Miquel. S'il ne découvre point le filtrage au sable, s'il l'accepte à titre de fait existant, c'est à titre de fait brut dont l'étude scientifique doit être reprise *ab ovo*. Dès lors, on comprend l'absence de toute citation, de toute référence à ce qui a été fait antérieurement et ailleurs, même tout près de Paris, où depuis dix ans une partie de la banlieue est alimentée par des eaux filtrées avec le meilleur résultat, et constaté par M. Miquel lui-même. Mais cette méthode personnelle à outrance a le précieux avantage de nous donner un nombre de faits considérable,

soigneusement observés par un travailleur compétent, exactement comparables entre eux. Il est évident aussi que dans la plupart des cas, les conclusions de M. Miquel n'auront pas pour les autres le mérite de la nouveauté, mais elles auront toujours l'utilité d'une confirmation. En cas de désaccord avec les idées courantes et avec la pratique ordinaire, il y a à examiner, et M. Miquel aura rendu le service de soulever une série de questions bien précisées.

Les premières expériences ont été faites avec de l'eau de Marne brute, sur deux filtres de l'usine de Saint-Maur, de 1600 m² chacun. Les résultats obtenus sont : une réduction considérable des bactéries ; par exemple pour le premier tableau (p. 509), du 19 mars au 11 avril, la moyenne de 15 000 (numération de Miquel) est réduite à 200, et pendant les trois dernières semaines, il y a généralement 75, 50, 25 et même une fois seulement dix colonies. Un fait très remarquable est la disparition du coli ; chaque fois qu'on le cherche dans l'eau de Marne brute, on le trouve infailliblement ; il n'a été rencontré qu'une seule fois dans l'eau filtrée.

D'autres séries d'expériences, tout en donnant les mêmes indications, n'ont pas été satisfaisantes au même degré. En outre, il faut toujours environ une semaine avant que les filtres soient mûrs. Pendant les sept premiers jours, il y a un bon millier de colonies, et assez fréquemment le coli. M. Miquel insiste sur ces inconvénients et s'en inspire pour la rédaction des règles pratiques. Seulement nous voyons dans tous ses tableaux que dès le premier jour de mise en marche il atteint une vitesse de 1^m,54 par 24 heures, c'est-à-dire environ 60 % du chiffre normal de 2^m,40. Ce n'est certainement pas ainsi que l'on doit manœuvrer les filtres ; leur marche doit être très graduellement accrue. Par cette vitesse exagérée du début, M. Miquel a gâté son filtre, et loin de prouver l'insuffisance du procédé, la réduction encore notable des premiers jours pour des appareils ainsi malmenés démontre au contraire l'efficacité du filtrage.

Une fois que le filtre est formé, les résultats sont indépendants de la qualité de l'eau brute ; celle-ci peut doubler ou tripler sa teneur microbienne, l'eau filtrée reste imperturbablement aux mêmes chiffres. Les résultats sont également dans une très large mesure indépendants de la vitesse ; M. Miquel a fréquemment fait marcher ses filtres à 5^m,20 et obtient encore des résultats passables.

Tous ces faits sont connus depuis longtemps. Les circonstances spéciales du filtrage tel que appliqué à Paris, l'ont porté à faire des expériences nouvelles. On sait qu'à Paris l'eau filtrée est considérée

comme un très pauvre pis-aller, auquel on ne doit recourir qu'à la toute dernière extrémité. On ne fait donc marcher les filtres qu'en cas de nécessité absolue et pendant quelques jours seulement ; on les met hors d'usage aussi vite que possible et l'on prétend après plusieurs semaines de stagnation, du jour au lendemain les utiliser à nouveau. Comme nulle part ailleurs il n'est procédé de cette façon, personne ne s'était jamais avisé de se demander les effets de ce repos. M. Miquel a trouvé qu'un repos d'environ deux semaines amène pendant les premières 24 heures un accroissement formidable des bactéries. Ici encore la remise en marche ne semble pas avoir été faite avec les précautions nécessaires, et le contremaitre du plus modeste établissement de filtrage aurait manié le robinet avec plus de ménagements : la vitesse de 5^m,17, qui est probablement celle donnée le 12 mai au filtre n° 1 après un repos de huit jours, est certainement excessive. Néanmoins le *coli* est absent. Il est vrai qu'il a disparu également dans l'eau au-dessus du sable, eau que M. Miquel a eu la bonne idée d'analyser pour voir les effets de la stagnation.

Un certain nombre d'expériences ont été faites avec de la levure de bière : un kilo répandu dans l'eau du filtre. Les résultats sont assez discordants. Pour le filtre n° 1 dont il a été question ci-dessus, lors de sa remise en marche, et en marche un peu vive, on lui donne de la levure ; sur 17 essais, on constate seulement quatre cas manifestes de fermentation alcoolique, d'où M. Miquel conclut : « que ce filtre fonctionnait d'une façon défectueuse et qu'un repos de dix jours ne l'avait pas sensiblement amélioré. Toutefois le *bacillus coli* était devenu très rare dans l'eau filtrée. » Le même filtre avait du reste reçu de la levure le cinquième jour de sa première mise en marche, quand il avait une vitesse de 5^m,05 et une perte de charge de seulement 8 centimètres, preuve qu'il n'y avait pas de membrane suffisante ; néanmoins, sur 18 échantillons, il n'y avait eu que deux cas de fermentation.

Un autre essai a été fait le 18 mars avec le filtre n° 3, qui avait commencé à travailler la veille au matin. A 10 heures, 1 kilogramme de levure est jeté, et vingt minutes après on retrouve la levure dans l'eau filtrée. Ce résultat semble frappant, et M. Miquel conclut, en effet, que le filtre devait être à ce moment très perméable, non seulement pour les bactéries, mais pour les cellules beaucoup plus grosses de la levure de bière. Cette expérience est difficile à comprendre. Voilà un filtre marchant à la vitesse de 1^m,54 de colonne d'eau en vingt-quatre heures ; on y jette de la levure ; il faut au moins quelques minutes pour que cette levure arrive jusqu'au sable, à travers les 88 centimètres d'eau

qui surmontent le sable. Puis cette eau contaminée doit déplacer toute l'eau imprégnant le sable et le gravier. Connaissant le volume de cette eau, donné par la porosité du sable, connaissant également la vitesse de filtrage, il est facile de calculer le temps nécessaire à ce déplacement; on trouve environ cinq heures. Or la recrudescence des microbes après la stagnation est attribuée par M. Miquel à une pullulation, limitée aux couches supérieures du sable; ce maximum ne passe au débouché que cinq heures après la remise en marche du filtre; l'expérience confirme donc ici le calcul. Mais il en résulte que la levure a marché quinze fois plus vite que le courant d'eau. Les vingt minutes sont une impossibilité matérielle; il y a eu un accident d'expérience, une contamination. Cette expérience est du reste la seule où une pareille vitesse est mentionnée (les vitesses de passage ne sont pas données pour les autres) et où la presque totalité des essais donnent des résultats positifs: tous dans la première journée, beaucoup encore dans la seconde journée.

Nous avons vu qu'on a été amené, par la force des choses, à prendre en sérieuse considération l'éventualité d'un filtrage des sources, tout au moins pour les eaux à capter dans le val d'Orléans; il ne s'agit pas, d'après M. Bechmann, d'appliquer ce traitement aux « sources » déjà captées et alimentant actuellement Paris. Outre les grandes difficultés techniques, on comprend ce qu'aurait de pénible pour le Service technique cet aveu de la nécessité d'une épuration de ces eaux, vantées pendant de longues années comme l'idéal; ce sera pour plus tard. En attendant, M. Miquel a fait des essais de filtrage avec l'eau de la Vanne, sur un petit filtre de 20 mètres carrés.

Dans une première expérience, il a fallu seize jours pour que l'eau filtrée donnât moins de colonies que l'eau brute: c'est le lavage du sable neuf. Puis il y a réduction d'environ 25 pour cent; le *coli* fait défaut trois fois dans quinze essais, alors qu'il ne manque qu'une seule fois dans l'eau brute. Ces résultats ne sont guère brillants; en fait, ils sont admirables, car le filtre a marché à une vitesse de 4^m,80 (première vitesse indiquée pour le 20^e jour) et puis constamment à 4^m,20; la perte de charge est restée fixe après les deux premières semaines à 2^{cm},5. Pour qui a la pratique des filtres, ces chiffres sont probants; le sable est mal tassé et il n'y a pas de pellicule.

Le filtre est mis hors d'usage pour une réparation à une « cheminée d'aération du filtre ». — Je recommanderais d'enlever les cheminées d'aérage, parfaitement inutiles et positivement nuisibles. — Le 5 juin, 1 kilogramme de sulfate de fer est donné au filtre (correspondant à

50 kilogrammes par 1 000 mètres cubes) et, après deux jours de repos, le filtre est mis en marche le 5 juin. Dès le 7, donc après deux jours, « l'eau filtrée contient une quantité de bactéries beaucoup plus faible que l'eau brute...; du 6 au 17 juin, il y a une recrudescence de microbes dans l'eau de la Vanne naturelle, s'accusant par un maximum de 24 690 bactéries par centimètre cube, alors que le maximum de la Vanne filtrée s'observe un jour plus tard, mais se montre dix fois moins élevé. Le *coli* ne fait jamais défaut dans l'eau brute ni dans l'eau filtrée ».

Le 17 juin, on ajoute un nouveau kilogramme de sulfate de fer et après deux jours de repos, le filtre recommence. Cette fois, il y a « un dégrossissage très manifeste de l'eau, l'absence complète pendant quatre jours du *coli*; plus tard cette espèce *pathogène* (?) réapparaît ».

Les expériences ont continué, mais ce qui précède suffit pour s'en faire une idée. On a essayé aussi l'argile et obtenu des réductions de 78 et 95 % avec absence assez fréquente du *coli*.

Si, dans la première série, la vitesse a été de plus de 4 mètres, dans les autres, elle n'a plus été que de 1 mètre ou 1^m,20. Les pertes de charge se montrent proportionnelles à ces vitesses et fort exactement proportionnelles aux quantités de sulfate de fer ajoutées. Je crois qu'on aurait obtenu de meilleurs résultats avec du sulfate d'alumine.

M. Miquel annonce qu'il travaille actuellement dans son laboratoire avec un filtre beaucoup plus petit. Je doute que les résultats ainsi obtenus soient bien probants.

Quant aux conclusions générales à tirer de ces expériences, elles démontrent, comme le dit M. Miquel, que le filtrage des eaux de source est tout autre chose que le filtrage d'une eau de rivière. C'est la confirmation de ce qu'on pouvait croire, car le filtrage, étant une question de colmatage, ira plus difficilement avec des eaux déjà très claires. Ce qu'a fait M. Miquel avec le sulfate de fer et l'argile, c'est en réalité troubler ou salir l'eau pour constituer une couche superficielle.

M. Miquel a soin d'insister que tous les résultats obtenus ne montrent qu'« un simple dégrossissage... une épuration assez notable, bien incomplète cependant et par suite non acceptable... un simple dégrossissage, cependant favorisé par le sesquioxyde de fer déposé à la surface du sable... C'est certainement à la couche d'oxyde de fer qu'est due la disparition du bacille d'Escherich... Cette disparition peut être due à une simple diminution des bactéries dans l'eau filtrée et non à une réelle épuration ». Pour l'eau de rivière, il est donné comme règle que la présence du *coli* doit immédiatement faire réformer (fermer?) les filtres. Soit, mais pourquoi n'applique-t-on pas la même règle aux

sources, où l'absence de ce microbe qualifié de pathogène est la très rare exception, tandis que dans les eaux filtrées, sa présence est une rareté?

Les essais de M. Miquel se ressentent de sa méthode; il a fait un peu trop abstraction de l'expérience accumulée par la pratique antérieure. J'applique d'autres règles, que je crois bonnes. Quand j'ai à intervenir dans une installation de filtrage, je commence par laisser faire, exactement comme on faisait avant, pour me rendre compte. Puis je demande au personnel la raison de telle ou telle pratique et je modifie graduellement, en donnant les explications. Je m'assure ainsi la collaboration du personnel. Si M. Miquel avait agi de la sorte, le contremaitre de Saint-Maur l'aurait probablement mis en garde contre sa manière de régler les vitesses des filtres.

Il ne semble pas qu'à Paris, du moins à Saint-Maur, on utilise suffisamment les indications combinées de la vitesse et de la perte de charge. Je donne fréquemment pour instructions de n'atteindre une vitesse sérieuse que lorsqu'il y a une perte de charge suffisante. Je considère ce moyen comme très important pour assurer la régularité des résultats.

Les renseignements sur la nature de la pellicule manquent presque complètement. Il y a une seule indication au sujet du filtre expérimental pour l'eau de la Vanne. Le recouvrement d'algues brunes a flotté par l'oxygène occlus et a laissé le sable dénudé par place. Il n'y a pas d'indication d'espèce, mais cela a dû être la diatomée *Melosira*. Or M. Miquel est micrographe et spécialement diatomologiste; son attention a certainement été attirée sur ces faits; il nous les réserve probablement pour un rapport ultérieur, qui ne peut manquer d'être intéressant.

Quand le travail de M. Miquel a été communiqué à la Commission, il n'y a pas eu beaucoup de discussion. Le Dr Roux a exprimé son accord avec M. Miquel, quant à la signification du *coli*, comme indiquant un fonctionnement défectueux du filtre; il n'a pas parlé de son caractère pathogène; probablement le rapport n'a pas été lu en entier. M. Janet voudrait voir faire des expériences avec des bassins remplis de sable de Fontainebleau: comme la nature et la provenance du sable sont choses assez accessoires, l'utilité de pareille expérience est assez secondaire. M. Rendu a pris acte que, par une surveillance active, on peut encore améliorer les résultats déjà remarquables du filtrage et rappelle que de nombreuses villes sont fort satisfaites de ce procédé; on doit pouvoir obtenir la même chose à Paris. M. Bechmann émet le

vœu que les méthodes de surveillance permettent de fournir des indications rapides, à quoi M. Miquel répond qu'il se fait fort de dire en moins de vingt-quatre heures si une eau filtrée contient le *coli*, « dont l'absence garantit le bon fonctionnement du filtre ».

Sauf M. Rendu, personne dans la Commission ne songe à ce qui est admis partout ailleurs. Paris doit naturellement faire autrement, et c'est à cela que va servir le bacille *coli*.

Dans la séance du 16 juin, le Dr Cornil a eu un mot typique. Parlant du projet de M. Carnot, il dit que les bassins de filtration artificielle offrent plus de sécurité; « mais alors, si l'on se résout à filtrer par ce procédé, pourquoi aller chercher de l'eau dans la Loire? Ne vaudrait-il pas mieux la prendre plus près, dans la Seine? » Personne n'a relevé cette phrase, à laquelle il n'y a rien à répondre.

Il résulte du présent compte rendu que l'on est, à Paris, quelque peu à la débandade. La seule idée nette est la mauvaise qualité des sources, leur danger au point de vue hygiénique toujours menaçant. Également nette est l'impression de l'efficacité du filtrage, malgré encore des réserves et des réticences. Mais quant à un plan d'ensemble pratique, une ligne de conduite générale pour les travaux devant amener une situation stable, c'est le néant. Le service technique continue à mettre en quarantaine les eaux filtrées; elles n'ont pas été utilisées pour l'alimentation, dit M. Bechmann, les filtres de Saint-Maur n'ont fonctionné que pour les expériences de M. Miquel. Le Service technique continue à proposer des captages, que la Commission rejette.

Dans l'étude du deuxième volume, nous avons fait une proposition : utiliser les sources actuellement captées pour les usages publics et grossiers, assurer l'alimentation domestique par de l'eau de Seine filtrée. Si tant est qu'ils nous fassent l'honneur de nous lire, beaucoup d'hygiénistes parisiens auront considéré cette proposition comme une plaisanterie. Le rapport actuel de la Commission est de nature à leur faire prendre plus au sérieux cette suggestion au premier abord subversive. On y gagnerait de pouvoir abandonner cette surveillance médicale qui ne pourra jamais être suffisamment efficace, qui est condamnée à toujours rester une protection précaire; on y gagnerait la suppression de la fièvre typhoïde. L'institution resterait ce qu'elle est maintenant, sauf que ce serait l'inverse. Elle resterait aussi comme l'exemple d'un grand effort, malheureux à cause de l'imperfection de la science à l'époque de sa conception et par un autre effort de volonté, tout aussi méritoire moralement, modifié radicalement pour être mise en rapport avec une science plus parfaite.

Ad. K.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

Enduit pour réservoirs d'eau.

A Zwickau (Saxe), l'enduit intérieur, ou ciment, du réservoir de la distribution d'eau a été attaqué de façon telle qu'à des intervalles de temps relativement courts, il a fallu y exécuter des réparations onéreuses et causant des interruptions dans le service d'alimentation. On a pu constater aussi qu'aux endroits où le ciment avait reçu des éclaboussures de couleur siderosthen (voir *Annales*, t. VI, p. 1081, et t. VII, p. 1283) dont on avait recouvert les armatures en fer, l'enduit semblait intact. Un essai fait sur de grandes surfaces montra que cette protection est réelle. Le siderosthen pénètre profondément dans le ciment et recouvre celui-ci d'une pellicule très élastique et parfaitement homogène, laquelle adhère fortement à la surface et résiste à toutes les pressions. Les frais se sont élevés à fr. 0.89 le mètre carré pour deux couches de couleur.

L'action destructive exercée sur le ciment par l'eau très pure et très douce du réservoir doit être attribuée, d'après le professeur Vogel, de Berlin, à la dissolution du carbonate de chaux du ciment sous l'influence de l'acide carbonique contenu dans l'eau. Ce phénomène se produit assez fréquemment dans les canalisations et réservoirs d'eau potable exécutés en béton.

Nos *Annales* ont indiqué, tome VIII, page 184, la raison de cette décomposition du béton de ciment. D'autre part, elles ont montré comment la même action de l'acide carbonique entraîne des conséquences préjudiciables et rapides pour les conduites en fonte. Cette démonstration se trouve dans les tomes II, page 912, et V, page 303.

(Extr. *Annales Trav. publ. de Belg.*, juin 1903, 2^e série, t. VIII, p. 625.)

Puits artésiens.

Actuellement, les appareils de forage perfectionnés permettent d'atteindre facilement d'énormes profondeurs.

A Paruschonitz, on a creusé un puits artésien de 2 003 mètres en quatre cents jours, soit un avancement de 5 mètres par jour; 200 mètres environ sont creusés dans l'alluvium et le diluvium; le reste traverse des couches houillères. Le diamètre initial du trou de sonde est de 320 millimètres, le diamètre terminal de 70 millimètres. Au fond du puits on a constaté une température de 69°,3 C. Tous frais compris, le travail a coûté 93 750 francs, soit environ 40 francs par mètre courant. Le tubage est composé de tuyaux en acier.

D'après les observations de Tecklenburg, le débit d'un puits artésien de 150 milli-

mètres de diamètre utile s'élève à 40 mètres cubes par jour; un diamètre de 500 millimètres peut donner, à une profondeur de 50 à 90 mètres et dans le gros gravier abondant en eau, jusque 750 mètres cubes par jour.

Un des puits artésiens les plus larges est celui de 1 mètre de diamètre et 36 mètres de profondeur, creusé à Mannheim par MM. Sholz et Höring.

(Extr. *Annales Trav. publ. de Belg.*, juin 1903, 2^e série, t. VIII, pp. 624-625.)

Action de l'eau sur les conduites en plomb.

Comme suite à un article paru précédemment dans nos *Annales* (année 1898, p. 834), nous donnons ci-dessous le résultat de recherches faites par la Commission d'hygiène du Massachusetts au sujet de l'action de l'eau sur le plomb.

Il résulte de l'ensemble de ces recherches que si l'eau attaque les tuyaux en plomb de certaines distributions, c'est à cause de la présence d'une quantité considérable d'acide carbonique libre dans les eaux souterraines. De nombreuses expériences de laboratoire ont prouvé qu'une eau pure et douce, surtout lorsqu'elle contient de l'oxygène en dissolution, attaque le plomb; et tandis que l'ammoniaque libre, les nitrates et les nitrites contenus dans l'eau douce exercent une action dissolvante notable sur le plomb dans les essais de laboratoire, on constate, au contraire, que pour obtenir un semblable effet dans la pratique, il est nécessaire que l'eau potable contienne une grande quantité d'acide carbonique libre.

Quoi qu'en disent les expériences de laboratoire, il ne suffit pas qu'une eau soit douce ou relativement pure de matières minérales en dissolution pour qu'elle puisse se charger d'une quantité de plomb suffisante pour en rendre l'usage dangereux. Le fait peut être dû encore à d'autres causes, et il est établi par les analyses d'échantillons d'eau pris sur des conduites en usage dans des villes alimentées par des eaux de surface, qui sont généralement plus douces que la moyenne des eaux souterraines. De même si l'eau contient de l'oxygène en dissolution sans acide carbonique libre, elle est susceptible d'attaquer le plomb.

Certains indices font supposer que la composition des matières minérales contenues dans l'eau de source peut influencer légèrement l'action de celle-ci sur le plomb, et qu'une certaine quantité d'oxyde de fer, se séparant de l'eau et se déposant dans les tuyaux, a parfois une action appréciable sur le même métal. Ce ne sont là que des influences minimales cependant. Il a été établi, d'autre part, que plus une eau est dure, moins l'acide carbonique libre qu'elle contient a d'action sur le plomb.

(Extr. de *Engineering News*, 9 octobre 1902. Reproduit dans les *Annales des Trav. publ. de Belg.*, juin 1903, 2^e série, t. VIII, pp. 619-620.)

CHARLES RABOT. — Le désastre des Tuamotu.

Du 11 au 17 janvier 1903, l'archipel des Tuamotu a été dévasté par une tempête. Sur ce désastre, M. Édouard Petit, gouverneur des Établissements français de l'Océanie, a fait publier un ensemble de documents officiels très intéressants (1).

(1) République française. Établissements français de l'Océanie. — *Renseignements sur le cyclone qui a dévasté les îles Tuamotu du 11 au 17 janvier 1903.* (Extrait du *Journal officiel des Établissements français de l'Océanie* des 12-13 janvier 1903.) Papeete, Imprimerie du Gouvernement, 1903.

Rappelons que l'archipel des Tuamotu se compose d'une série d'*atolls*, c'est-à-dire d'îles coralliennes constituées par un étroit cordon entourant plus ou moins complètement une nappe intérieure appelée *lagoon*. Ce cordon, sur lequel sont établies les habitations et les plantations, ne s'élève qu'à 2 ou 3 mètres au-dessus de la haute mer et, par suite, se trouve très exposé aux envahissements de la mer. Cette disposition explique la catastrophe qui a atteint notre colonie du Pacifique.

Les documents officiels donnent le nom de cyclone à l'ouragan qui a dévasté les Tuamotu; mais, comme le fait observer le rapport du capitaine de frégate N. Rozier, commandant de la *Durance*, les renseignements ne sont pas encore suffisants pour savoir si c'est une tempête de ce genre qui a touché l'archipel.

Tandis que les parties Ouest et Nord-Ouest des Tuamotu n'éprouvaient que des dégâts matériels peu importants, les îles orientales étaient dévastées, notamment Hikueru et Marokau.

A Hikueru, le 14 janvier, à 8 heures du matin, avec un assez fort vent d'Est, la mer est grosse. Deux heures plus tard, elle atteint les habitations, et, à midi, enlève plusieurs. Après une accalmie dans la soirée, le lendemain le village est anéanti. Le 16, à 4 heures du matin, la mer déferle également par le *lagoon*; la population, menacée de tous côtés de submersion, se réfugie sur un espace de 50 mètres à la pointe de Tupapati. Pendant quelques minutes, l'île est alors absolument sous l'eau, le *lagoon* passant par-dessus l'*atoll* et rejoignant la mer.

Le 16 également, la mer submerge les îlots qui bordent la partie Est de l'île, enlevant maisons et habitants, à l'exception de quelques personnes réfugiées au sommet des cocotiers. Pas moins de 373 habitants ont trouvé la mort à Hikueru.

A l'île voisine de Marokau, le désastre n'a pas été moins terrible. Le village a été complètement rasé et 95 habitants engloutis, les cocotiers brisés et déracinés; une partie de ces arbres a été jetée dans le *lagoon*, preuve que la mer a complètement balayé le cordon corallien et déferlé jusque dans la nappe intérieure.

A Makemo, le village du Nord-Ouest aurait été détruit; celui de Teturanga a beaucoup souffert, mais il n'y a pas eu de mort à déplorer.

L'île Raroia a été également ravagée, les maisons et les cocotiers rasés et 12 indigènes noyés. Telle était la violence et la hauteur des vagues que des goélettes et des cotres ont été transportés à 200 mètres du rivage au milieu des ruines du village.

Au total, 515 personnes ont trouvé la mort dans ce sinistre, soit environ le dixième de la population des Tuamotu.

(Extr. de la *Géographie* de Paris, 15 avril 1903.)

SÉANCE MENSUELLE DU 16 JUIN 1903.

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

En ouvrant la séance, M. le *Président* fait part à l'assemblée du décès de M. V. Dumortier, architecte provincial du Brabant, membre associé regnicole. (*Condoléances.*)

Il annonce ensuite la nomination de M. Munier-Chalmas comme membre de la Classe de minéralogie de l'Académie des sciences de Paris. (*Félicitations.*)

Correspondance :

M. Cornet fait excuser son absence et demande que sa communication sur le Tanganyka soit reportée à la séance supplémentaire du 30 juin.

Le Comité de rédaction du *Journal des Savants*, d'accord avec l'auteur, autorise la reproduction dans le *Bulletin* de l'article de M. de Lapparent intitulé : *Les progrès des études sismologiques.*

M. A. de Lapparent annonce qu'il a présenté à l'Académie des sciences de Paris une *Ammonite*, la première qui ait été rapportée du Soudan. L'échantillon a été recueilli au Damerghou, entre Zinder et l'Aïr, par M. le capitaine Gaden, en compagnie d'une *Exogyre* du groupe d'*E. columba*.

Une note accompagne cette lettre, et il en sera donné lecture après la correspondance.

Le Comité de l'enquête relative aux phénomènes géophysiques de la période 1901-1902-1903 fait parvenir la rédaction ci-après du Programme d'études qu'il préconise et demande sa publication dans le *Bulletin*.

Le Comité espère, pour la mise en œuvre de ce Programme, obtenir le concours pécuniaire des Sociétés d'Astronomie et de Géologie, auxquelles est suggérée l'idée d'adresser une demande spéciale de subside au Gouvernement, qui, semblerait-il, paraît disposé à examiner avec bienveillance l'éventualité d'une telle demande.

M. le *Secrétaire général* estime que cette question, vu surtout l'absence du Trésorier, doit faire l'objet de l'examen du Conseil de la Société, auquel elle est renvoyée. (Voir, après la correspondance, le texte du Programme d'études élaboré par le Comité.)

M. Aug. Gobert, à propos de l'étude de la vitesse de circulation des eaux souterraines, mise à l'ordre du jour de la séance, signale deux articles parus sur ce sujet dans les « *Reports* » de l'*Association britannique pour l'avancement des sciences*, année 1901, page 337, et année 1902, page 224, avec planche (1). (*Remerciements.*)

Enfin, M. le *Secrétaire général* est heureux de porter à la connaissance de l'assemblée les résultats favorables obtenus en faveur de la continuation des études sismiques de M. le Prof^r Kilian, de Grenoble, à la suite de l'intervention de la Société et de l'article publié, par M. Lagrange, dans *Ciel et Terre*.

Déjà le sismographe de M. Kilian est remis en activité, grâce à la généreuse intervention d'un anonyme, justement ému de la situation fâcheuse récemment signalée.

Grâce d'ailleurs à l'appui bienveillant tant de l'Université de Grenoble qu'à celui, espéré, de l'Association française pour l'avancement des sciences, on peut être assuré que la station sismique de Grenoble, que tout le monde est d'accord pour considérer comme une œuvre d'intérêt général, poursuivra les recherches qui avaient été forcément interrompues depuis peu de temps.

M. G. Simoens rappelle sa lettre du 6 février dernier dans laquelle il remercie le Conseil de l'avoir désigné pour représenter la Société au Congrès de Vienne.

(1) *The Movements of Underground Waters of North-West Yorkshire*. Second report of the Committee (secrétaire M. A.-R. DWERRYHOUSE). *Report* de la session de Glasgow, 1901, pp. 337-339. — Compte rendu d'expériences de coloration à la fluorescéine dans le Calcaire carbonifère. — *The Movements, etc.* Third report of the Committee (secrétaire M. A.-R. DWERRYHOUSE). *Report* de la session de Belfast, 1902, pp. 224-227 et planche. — Compte rendu de la suite des mêmes expériences.

Dons et envois reçus :**1° De la part des auteurs :**

4139. ... *Carte topographique du Manitoba*, à l'échelle du 792 000^e, en 1 feuille. Ottawa, 1902.
4140. Briquet, A. *Le Crétacique inférieur dans le Sud du Bas-Boulonnais*. Lille, 1903, 10 pages et 5 figures.
4141. Briquet, A. *Observations sur le Quaternaire dans le Sud du Bas-Boulonnais et aux environs d'Ambleteuse*. Lille, 1903, 7 pages.
4142. Gascon, A., et de la Cruz, E. *Estudios sobre los carbonos de teruel y especialmente sobre la Cuenca de Utrillas*. Madrid, 1903, 1 volume in-8° de 170 pages, 42 figures et 5 cartes.
4143. de Lapparent, A. *Sur les traces de la mer lutétienne au Soudan*. Paris, 1903. Extrait in-4° de 3 pages.
4144. Forel, F.-A. *Le lac de l'Orbe souterraine*. Lausanne, 1898. Extrait in-8° de 2 pages.
4145. Henry, Louis. *Charles de la Vallée Poussin*. Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 27 pages et 1 portrait.
4146. Hoernes, R. *Mittheilungen der Erdbeben-Commission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. Nr XIII. Das Erdbeben von Saloniki am 5. Juli 1902 und der Zusammenhang der Makedonischen Beben mit den tektonischen Vorgängen in der Rhodopemasse*. Vienne, 1902. Extrait in-8° de 91 pages, 14 figures et 1 carte.
4147. Kotô, B., et Kanazawa, S. *A Catalogue of the Romanized geographical names*. Tokio, 1903. Volume in-12 de 88 pages.
4148. Läska, W. *Mittheilungen der Erdbeben-Commission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. Nr XIV. Ueber die Berechnung der Fernbeben*. Vienne, 1903. Extrait in-8° de 14 pages.
4149. Marbut, C.-F. *The Evolution of the Northern Part of the Lowlands of South-Eastern Missouri*. Londres, 1903. Extrait in-8° de 1 page.

4150. **T. R. J. Cape of Good Hope.** *Annual report of the Geological Commission, 1900.* Londres, 1903. Extrait in-8° de 2 pages.
4151. **Mourlon, M.** *Referendum bibliographique, précédé de l'exposé des principaux résultats scientifiques et économiques du Service géologique de Belgique.* Liège, 1903. Extrait in-8° de 14 pages.
4152. **Whitaker, W.** *Discussion on the present shortage of water available for supply.* Londres, 1903. Extrait in-8° de 18 pages.

2° Extraits des publications de la Société :

4153. **van Ertborn, O.** *Rectifications à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge.* Mémoires de 1903. 16 pages.
4154. **van Ertborn, O.** *Quelques mots au sujet des terrains quaternaires.* Procès-Verbaux de 1903. 13 pages. (2 exemplaires.)

3° Périodiques nouveaux :

4155. **LONDRES.** *Royal geographical Society. The Geographical Journal.* 1849 à 1852; 1856 à 1874; 1876 à 1880. XXI, 1903, 3, 4 et 5.
4156. **JASSY.** *Université de Jassy. Annales scientifiques.* I, 1900-1901; II, 1902-1903. 1^{er} et 2^e fascicules.
4157. **LIMA.** *Cuerpo de Ingenieros de Minas del Peru.* Boletin, 1 et 2, 1902.
4158. **LONDRES.** *Royal Geographical Society. Proceedings,* 1879 à 1892.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

MM. GUSTAVE GOORMAGHTIGH, ingénieur, 16, boulevard Beaudouin, à Mons;

ÉMILE SIX-SENÉLAR, ingénieur des arts et manufactures, à War-neton.

Texte du programme général de l'enquête relative aux phénomènes géophysiques de l'année 1902, élaboré par le Comité des délégués des Sociétés belges de Géologie et d'Astronomie (1).

Le Comité a décidé que l'enquête relative aux phénomènes géophysiques, et autres, corrélatifs, de la période 1901-1902-1903 comporterait les dix divisions suivantes :

- I. — Volcanisme.
- II. — Sismologie.
- III. — Phénomènes endogènes telluriques.
- IV. — Magnétisme terrestre.
- V. — Morphologie.
- VI. — Océanographie.
- VII. — Météorologie et Climatologie.
- VIII. — Astrophysique.
- ANNEXE. { IX. — Phénomènes physiologiques et biologiques.
- X. — Phénomènes économiques.

On trouvera ci-après, sous forme d'un programme *succinct et très sommaire*, les éléments principaux d'études et d'investigations que le Comité réclame de ses collaborateurs.

I. — Volcanisme.

1^o Étude des phénomènes volcaniques pendant les années 1901-1903. Conditions géologiques et géographiques des régions où se produisent ces phénomènes. Recherches spéciales dans les centres considérés comme éteints.

2^o Phases diverses des phénomènes observés. Activité durant la période de repos relatif et durant celle de transition à la phase paroxysmale. Éruptions proprement dites ; produits volcaniques meubles, leur compo-

(1) Ce Comité est composé de MM. *Ch. Lagrange*, *A. Lancaster* et *A. Renard*, de l'Académie royale de Belgique, *Élisée Reclus*, directeur de l'Institut géographique de Bruxelles, *A. Houzeau de Lehaie*, sénateur, président de la Société royale de Géographie, *Eug. Lagrange*, directeur de la Station géophysique E. Solvay (Uccle), *E. Van den Broeck*, conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, *B^{on} O. van Ertborn*, ancien président de la Société géologique de Belgique, et *Ch. Fiévez*, ancien secrétaire de la Société belge d'Astronomie.

Le siège du Comité se trouve à l'*Institut géographique de Bruxelles*, 35, rue Ernest Allard. (Voir *Proc.-Verb. des séances des 24 octobre, 18 novembre et 16 décembre 1902.*)

sition chimique et minéralogique et leur aire de distribution; coulées, mode d'éruption de la lave; vitesse, température, volume, pente, solidification et nature lithologique des laves. Structure des matières éruptives accumulées.

3° Émanations de vapeurs et de gaz. Fumerolles, solfatares, phénomènes geyseriens. Torrents d'eau et de boue. Phénomènes électriques.

4° Mouvements positifs ou négatifs du sol des régions où l'activité volcanique s'est fait sentir. Modifications topographiques dues à ces phénomènes.

II. — Sismologie.

1° Statistique, de préférence d'après l'échelle Rossi-Forel, des secousses constatées, sans le secours d'appareils, pendant les trois années 1901 à 1903.

2° Statistique des mouvements microsismiques enregistrés, surtout par des appareils sismographiques de même nature (pendule de Milne et pendule de von Rebeur, *tout spécialement*).

3° Détermination des régions d'ébranlement sismique (classification J. Milne).

4° Données relatives aux coïncidences entre les agitations sismiques et les perturbations magnétiques.

III. — Phénomènes endogènes telluriques.

1° Phénomènes de la circulation des eaux souterraines : nappes phréatiques, eaux dites artésiennes; sources et forages amenant au jour des eaux thermo-minérales.

2° Modifications brusques et anomalies survenues, pendant la période 1901 à 1903, dans le débit, les caractères et les propriétés des eaux souterraines et des sources. Coups d'eau inexplicables dans les mines et travaux souterrains.

3° Étude des courants électriques du sol et de leur action sur les eaux et les roches.

4° Phénomènes dus à l'action (condensation, dégagement) de la vapeur d'eau des couches superficielles et de celles des profondeurs terrestres, en dehors des régions volcaniques.

5° Phénomènes relatifs, dans les mêmes régions, aux gaz inclus dans l'écorce terrestre (air, hydrogène, anhydride carbonique, grisou, etc.)

6° Mouvements internes et externes du sol et des terrains. Constatations dans les mines et dans les édifices.

IV. — Magnétisme terrestre.

1° Données magnétiques habituelles, concernant les trois éléments, pour la période 1901 à 1903, avec l'analyse comparée de leurs résultats et de ceux des années précédentes.

2° Amplitude de la variation diurne des trois éléments, prise sur les courbes des enregistreurs pour chaque jour (différences entre les maxima et les minima).

3° Analyse complète des perturbations, avec leur amplitude et l'indication *très précise* du moment initial de leur production.

4° *Fac-simile* des feuilles des enregistreurs pour les jours de perturbation remarquable avec l'indication des faits relatifs à la concomitance des mouvements *magnétiques* et des manifestations *volcaniques* ou *sismiques*.

V. — Morphologie.

1° Modifications diverses de la surface du sol en dehors des régions volcaniques.

2° Modifications des cours d'eau des mêmes régions.

3° Modifications des côtes dans les mêmes régions.

VI. — Océanographie.

1° Observations faites, pendant la période 1901-1903, sur le niveau de la mer et sur les modifications du fond.

2° Phénomènes spéciaux. Raz de marée. Vagues de fond. Observations sur le relief, la hauteur et l'amplitude des vagues.

3° Modifications éventuelles dans les courants (direction, température, degré de salure, etc.). Tourbillons. Corps flottants. Épaves.

4° Température à la surface et dans les profondeurs.

5° Composition chimique de l'eau ; poids spécifique.

6° Variations locales et régionales dans la couleur, la nuance et dans le degré de transparence des eaux. Troubles.

VII. — Météorologie et Climatologie.

1° État des divers éléments météorologiques pendant la période 1901 à 1903 (température, pression, précipitations, électricité atmosphérique, etc.), comparé à l'état normal de ces éléments.

2° Caractères particuliers des phénomènes, tant au point de vue de la fréquence que de l'intensité.

3° Phénomènes extraordinaires ou anormaux.

VIII. — Astrophysique.

1° Physique solaire : taches, facules, éruptions, protubérances, chromosphère.

2° Lumière zodiacale.

3° Physique des hautes altitudes : Aurores polaires, nuages lumineux, holidès, étoiles filantes, poussières cosmiques. Coloration des astres et du ciel d'après une gamme à établir.

4° Phénomènes planétaires.

5° Phénomènes sidéraux.

Nota. — Le programme général de la Commission solaire française (*Société astronomique de France*) fournit les principaux *desiderata* nécessaires pour la facile comparaison des observations spécialement relatives au Soleil. Voir aussi, pour l'ensemble des études astrophysiques, les programmes de la *Royal Astronomical Society*.

ANNEXE.

CONSÉQUENCES DES PHÉNOMÈNES GÉOPHYSIQUES.

IX. — Phénomènes physiologiques et biologiques.

A. — SPÉCIALEMENT EN PRÉSENCE DES PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES.

1° Actions d'ordre physique sur l'homme, les animaux et les végétaux atteints par les manifestations volcaniques ou directement influencés par celles-ci. Phénomènes de réaction d'ordre moral.

B. — INFLUENCE A DISTANCE.

2° Influence, sur l'homme, les animaux et les plantes, des changements d'aspect et de conditions de la Nature, à proximité des régions dévastées.

3° Constatations relatives à la biologie des mers. Pêcheries. Émigrations.

4° Étude critique des maladies épidémiques et microbiennes, considérées au point de vue de leur évolution dans le temps et dans l'espace, pendant la période 1901 à 1903.

C. — INFLUENCE DES RÉACTIONS GÉNÉRALES ENDOGÈNES ET CLIMATIQUES.

5° Constatations spéciales et anomalies dans la marche des phénomènes naturels périodiques, animaux et végétaux.

6° Documentation fournie par les anomalies et phénomènes constatés spécialement dans le règne végétal.

7° Réactions diverses, sur l'organisme, des facteurs endogènes, exogènes et climatiques. Statistiques et observations médicales.

X. — Phénomènes économiques.

1° Statistiques comparées des récoltes de 1902 et des années voisines. Prix comparatifs des céréales et autres denrées alimentaires. Disettes et famines régionales.

2° Données statistiques relevant de la pathologie nerveuse, de la criminalité, etc.

Communications :

M. le *Président* aborde la suite de la discussion sur l'âge des *roches rouges* surmontant la formation houillère du bassin campinois.

Il s'attache à faire ressortir l'importance de cette question d'application géologique, de la solution de laquelle dépend la possibilité de trouver du sel en Belgique.

M. le *Secrétaire général* donne lecture de la Note suivante, qu'il a reçue de M. de Lapparent, au sujet de la communication faite par lui à la dernière séance sur les roches rouges du bassin de la Campine.

A. DE LAPPARENT. — Les roches rouges du bassin campinois.

Je tiens à préciser que si, à la dernière séance, j'ai parlé de roches rouges *dans* le Houiller, c'est en me fondant sur une phrase de M. Rutot dans les procès-verbaux de la Société belge de Géologie. J'ai cru qu'il y avait là l'affirmation d'un fait et j'en ai cherché l'interprétation, sans mettre le moins du monde en doute l'existence de roches rouges permienes ou triasiques, comme celles qui ont été rencontrées en Westphalie.

Du moment que le fait, sur lequel je croyais pouvoir m'appuyer, est nié par tout le monde, l'interprétation que j'en donnais tombe d'elle-même.

Il n'en est pas ainsi, je le crois du moins, des considérations que j'ai présentées sur l'absence du Stéphanien. Je ne puis comprendre la manière de voir de M. Simoens, pour qui la chaîne hercynienne semble n'avoir été qu'un simple bourrelet montagneux, se dressant au Sud du Brabant et de l'Angleterre ; ce devait être un grand ensemble de rides

parallèles, embrassant dans le Nord une région plus ou moins considérable.

Prétendre qu'il pouvait s'y trouver des dépressions, capables de recevoir des dépôts, c'est faire une pure hypothèse. Des géologues ont besoin de preuves, et les seules qui soient décisives sont les preuves paléontologiques. Or M. Zeiller, que j'ai consulté, m'affirme qu'il n'a pas été trouvé en Angleterre de flore plus récente que celle de Radstock, laquelle, à ses yeux (comme aussi, je crois, aux yeux de M. Kidston), est encore westphalienne.

Il est aussi une phrase des observations de M. Simoens qui me surprend. Notre honorable collègue écrit : « Si, à cette époque, cette mer eût été entourée d'une muraille ou d'une digue empêchant toute sédimentation terrigène... » Je croyais jusqu'ici que l'activité de la sédimentation terrigène était fonction du relief du littoral, que ce relief déterminait la puissance des eaux courantes, et que le plus sûr moyen d'avoir une sédimentation terrigène abondante était d'offrir à la mer une « muraille » côtière.

En outre, cette hypothèse de calcaires magnésiens et de gîtes salifères *qui seraient stéphanien* me semble bien risquée, appliquée, comme elle l'est par M. Simoens, à la région westphalienne, car tous les sondages entrepris dans le bassin de la Lippe ont montré les fossiles du Zechstein à la base de formation de recouvrement du terrain houiller.

La Géologie vit de faits, et non d'imaginations; que, dans le bassin méditerranéen et ouralien, le Stéphanien puisse offrir des calcaires magnésiens, voire de vrais récifs, nul ne le conteste; mais, jusqu'ici du moins, il n'y a pas un seul exemple qui nous autorise à penser que des formations de ce genre aient existé dans le Nord; et cela parce que la surrection hercynienne a embrassé la région tout entière, où la sédimentation marine n'a pu reprendre qu'après le Permien moyen.

M. le *Secrétaire général* estime qu'il y a eu dans le point ici débattu une simple erreur d'interprétation qu'il sera aisé de rectifier au procès-verbal de la séance de mai, et il demande à M. *Simoens* de bien vouloir modifier en conséquence sa réponse à la note de M. de Lapparent.

M. *Simoens* est tout disposé à modifier les quelques passages dont il s'agit de sa note, mais il fait remarquer qu'il existe réellement d'après M. P. Habets des roches rouges *dans* le Houiller et que dès lors M. de Lapparent n'a pas tort d'avancer ce fait; il suffit, en effet, de relire la note de M. Habets publiée précédemment sur ce point. M. Simoens se

réserve de répondre à M. de Lapparent dès qu'il aura lu la note du professeur de Paris.

M. *Simoens*, qui avait préparé une note pour la discussion de la question des roches rouges, remet sa communication à la séance du 30 courant.

O. VAN ERTBORN. — Sondages houillers en Campine.

Les *Annales des Mines de Belgique* (1) publient une nouvelle série de coupes de sondages houillers de la Campine. La première série (de 1 à 15) a paru dans le volume précédent, et nous l'avons résumée en tableau dans les *Bulletins* de la Société (2). Nous donnons suite à ce premier résumé dans le tableau ci-joint, comprenant les sondages numérotés de 16 à 54.

Nous ferons d'abord une première observation au sujet du mode de sondage, observation dont il avait déjà été question dans la note précédente. Le système à courant d'eau fut inventé par Fauvelle; il en fit l'essai sur la place Saint-Dominique, à Perpignan (3). François Arago exposa le nouveau système de forage à la séance de l'Académie des sciences de Paris du 31 août 1846; cet exposé fut fait avec la netteté et la lucidité qui distinguent tous les écrits de l'illustre savant. On le dirait rédigé, non pas par un astronome, mais par quelque vieux sondeur. Sa clairvoyance habituelle lui fait ajouter que le problème des sondages à 1000 mètres et plus est résolu.

Nous tenons le mode de sondage de de Basterot, neveu de Fauvelle, et nous l'avons appliqué en Belgique dès l'année 1868, non sans y avoir apporté de nombreux perfectionnements. Toutefois, comme l'intérêt scientifique a toujours primé tous autres, nous arrêtons le courant d'eau et nous nous servons de la sonde creuse comme d'une tige pleine pour recueillir les échantillons géologiques avec le plus grand soin. A Westerloo, ils furent pris de mètre en mètre, ce qui permit à notre confrère et ami M. G. Velge de dresser cette belle coupe, que l'on peut considérer comme un modèle (4).

Le lecteur se demandera certainement comment il peut se faire que la

(1) *Ann.*, 1903, t. VIII, 2^e livr.

(2) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, 1903, t. XVII, p. 156. (Annexé à la séance du 21 avril 1903.)

(3) DEGOSÉ et LAURENT, *Guide du sondeur*, t. II, pp. 54 et suiv.

(4) *Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. XXVI. MÈM.

détermination des morts-terrains soit si difficile; il suffira de faire un emprunt de quelques lignes à Arago pour le faire comprendre. « Si, au moyen d'une sonde creuse, on injecte de l'eau dans un trou à mesure que l'on descend, l'eau, en remontant, entraîne tous les déblais; tel est le problème que s'est proposé M. Fauvelle. Son appareil se compose d'une sonde creuse, formée de tubes vissés bout à bout; l'extrémité inférieure de la sonde est armée d'un outil perforateur approprié aux terrains qu'il s'agit d'attaquer. L'extrémité supérieure de la même sonde est en communication avec une pompe foulante. Lorsqu'on veut faire agir la sonde, on commence toujours par mettre la pompe en mouvement; on injecte jusqu'au fond du trou, et par l'intérieur de la sonde, une colonne qui, en remontant dans l'espace annulaire compris entre la sonde et les parois du trou, établit le courant ascensionnel qui doit entraîner les déblais. »

Ces quelques lignes décrivent succinctement le mode de sondage, et les détails que nous avons rappelés précédemment apprennent que nous pouvons en parler en connaissance de cause. Fauvelle se servait d'une pompe à bras; nous y avons appliqué une locomobile de cinq chevaux. Il est évident que des appareils de même genre et plus puissants agissent avec une énergie beaucoup plus grande, et en Campine on a fait même 186 mètres en vingt heures.

Nous avons depuis longtemps les courses de chevaux, enfin celles d'automobiles, voire même celles d'escargots, mais on n'avait jamais songé aux luttes de vitesse entre les deux sociétés concurrentes. L'eau est injectée avec grande force, et pour rendre le liquide plus dense et faciliter la remonte des déblais, on a délayé de l'argile tongrienne dans l'eau, ce qui a fait croire que le Tongrien reposait sur le Crétacique. Les déblais lourds s'accumulant au fond du trou de sonde, on donne une vitesse énorme au courant d'eau ou de boue, et il s'ensuit un méli-mélo de tous les dépôts, qui rend toutes déterminations absolument impossibles.

Tel n'est pas le cas lorsque l'on coupe des témoins cylindriques, des *carottes*, comme on le fait parfois dans le Crétacique et toujours dans le Houiller, et dans ce cas les déterminations géologiques sont sérieuses. Celles relatives aux couches tertiaires ne peuvent donc être acceptées que sous bénéfice d'inventaire. L'allure de ces couches vers le Nord, étant bien connue, et leur épaisseur kilométrique dans cette direction permettent de rétablir avec assez de précision la série tertiaire, d'autant plus que quelques sondages dont les coupes furent déterminées avec soin ne sont distants des sondages houillers que de

quelques kilomètres. Nous avons déjà rappelé, au sujet du premier tableau, que le sondage de Kermt n'est qu'à 6^{km},5 du sondage houiller du Bolderberg et celui de Zeelhem à 10 kilomètres de celui de Beeringen. On peut donc, au moyen des données précises fournies par la zone méridionale, aidées par les données vagues des sondages houillers, reconstituer la série des dépôts tertiaires dans la plupart des cas.

Le travail est un peu plus compliqué dans une zone étroite située à l'Est du méridien de Westerloo, où se trouve, d'une part, la limite orientale de l'étage ypresien et des couches d'âge éocène supérieur et moyen, et, d'autre part, la limite occidentale du Tongrien et du Landenien supérieur, région sur laquelle nous avons déjà attiré l'attention en 1901 (1).

Comme conclusion générale, nous dirons donc que l'on ne peut taxer d'erreur les interprétations, souvent erronées, des morts-terrains tertiaires, les échantillons dans l'état où ils furent recueillis rendant les déterminations rigoureuses absolument impossibles.

Nous dirons quelques mots des principaux sondages de la série 16-54, tout au moins de ceux qui offrent quelque intérêt spécial.

Les sondages n^{os} 17, 22, 23, 26, ce dernier exécuté au Nord du Bolderberg, sont tous situés sur le territoire de la commune de Zolder. La colline de Bolder (le Bolderberg), célèbre entre toutes en Belgique, fait partie de ce territoire. Tous ceux qui l'ont explorée savent qu'elle est couronnée par le Diestien, que celui-ci, au Krayberg voisin, plonge rapidement vers le Nord, et que la série complète des couches tertiaires dans cette zone est le Diestien, le Rupélien, le Tongrien, le Landenien et le Heersien, reposant sur le Maestrichtien, les faits étant, à partir du Rupélien, prouvés à l'évidence par les sondages de Kermt et de Hasselt. Aussi, la détermination des couches du forage houiller du Bolderberg s'est-elle fortement ressentie de cet heureux voisinage et est-elle l'une des meilleures de toute la série.

Il nous est absolument impossible d'admettre l'interprétation du n^o 17. La plus grande partie du sable jaune, épais de 40 mètres, ne peut être que bolderienne et non pas flandrienne; de plus, il ne peut se trouver en ce point 262 mètres de Rupélien. La même observation peut s'appliquer au n^o 16, Zonhoven, village situé immédiatement à l'Est de Zolder.

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, 1901, t. XV., Mém., pp. 255-258. Les sondages d'Aerschot, de Westerloo et de Zeelhem.

Au n° 20, Lanklaer, M. Forir signale entre les cotes — 141 et — 191 les lignites du Rhin ; le fait n'est pas impossible dans le voisinage de la Meuse. Rappelons cependant que le Rupélien inférieur est parfois très ligniteux et contient cependant sa faune marine bien caractérisée. Les lignites du Rhin ne figurent pas dans la coupe du n° 24, exécuté également sur le territoire de Lanklaer.

Le sondage n° 30, Meeuwen, a percé 14 mètres de grès rouge, rapporté au Trias *avec doute*. Au n° 31, qui en réalité devrait porter le n° 1, puisqu'il est le sondage d'Eelen et que la liste est dressée dans l'ordre chronologique, les marnes rouges avec eau salée et les grès rouges sont également rapportés *avec doute* au Trias. Le grès gris caverneux et le psammite atteints à 878 mètres sont également rapportés au Houiller *avec doute*.

Le sondage n° 28, Beeringen, a percé, sous le Heersien, 41^m,80 de calcaire cristallin, reposant sur le tufeau et la craie grossière de Maestricht. M. Forir le rapporte *avec doute* au Maestrichtien. Cette roche, jusqu'à présent, n'a pas été signalée ailleurs. Serait-ce l'Infra-Heersien ? Le sondage n° 53 est celui de Westerloo ; on a adopté, pour les 187 premiers mètres, notre classification. On a rapporté à l'Ypresien les 100 mètres de sable gris fin qui, de 200 à 500 mètres, se trouve immédiatement en dessous du Bruxellien. En étudiant avec soin l'allure générale de l'étage ypresien, nous en étions arrivé à lui assigner à Westerloo une puissance d'une soixantaine de mètres. Le sable fin, gris, ne serait-il pas le résidu d'une argile sableuse ? C'est bien probable ; le niveau aquifère qu'il recouvre le démontre. La coupe du sondage n° 54, Meerhout-Zittaert, dressée par M. Forir, nous paraît fournir une très bonne classification. Elle comprend toute la série du sondage de Zeelhem, situé à 15 kilomètres au Sud. Zittaert se trouve également à 10 kilomètres à l'Est-Nord-Est de Westerloo. Les sables de l'Éocène supérieur et moyen, ainsi que l'Ypresien, ont disparu, le Tongrien a pris leur place, comme nous l'avons signalé dans notre note sur les sondages d'Aerschot, de Westerloo et de Zeelhem. Cette substitution, genre paniselo-bruxellien, mérite d'attirer l'attention. Au sujet des sables de l'Éocène moyen et supérieur, toute erreur semble impossible, car leurs rognons de grès, si nombreux et souvent très durs, auraient certainement révélé leur présence (1).

Les renseignements au sujet des niveaux aquifères rencontrés font

(1) La dernière colonne du tableau comprend la série houillère du n° 10 (premier tableau), Wyshaegen-Donderslag, qui était incomplète.

TABLEAU DES SONDAGES HOUILLERS

	ZONHOVEN. — COTE DU SOL : + 40. 16	ZOLDER. — COTE DU SOL : + 40. 17	ZONHOVEN (DAAHEDE). — COTE DU SOL : + 51. 18	HELCHTEREN. — COTE DU SOL : + 60. 19	LANKLAER. — COTE DU SOL : + 46. 20	EYSDEN. — COTE DU SOL : + 45. 21	ZOLDER (DE THEU). — COTE DU SOL : + 32. 22	ZOLDER (VOORTER HEDE). — COTE DU SOL : + 52.5. 23	LANKLAER. — COTE DU SOL : + 91. 24
	Mètres.	Mètres.	Mètres	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moderne	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Flandrien	2 »	40 »	9 »	»	»	»	»	13 50	»
Campinien	»	»	»	»	14 »	26 »	»	»	»
Moséen	»	»	»	5 »	53 »	»	»	»	11 5
Poederlien	»	»	»	»	»	»	»	»	26 5
Diestien	»	»	{ 61 » }	66 »	»	»	{ 50 » }	37 »	68
Bolderien	»	»		66 »	120 »	114 »		60 »	27
Rupélien	168 »	262 »	75 »	83 »	»	25 »	65 ?	70 ?	27
Oligocène supérieur . . .	»	»	»	»	50 »	»	»	»	»
Tongrien	30 »	»	»	»	»	»	65 ?	70 ?	49 5
Asschien	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Wemmélien	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ledien	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Laekénien	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bruxellien	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ypresien	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Landénien	{ 68 » }	{ -28 » }	95 »	80 »	»	36 75	60 »	?	81 1
Heersien			37 50	50 »	»	»	50 »	?	8
Toit du Crétacique . . .	-228 »	-290 »	-236 »	-290 »	-191 »	-156 70	-258 »	?	-209
Toit du Houiller	-434 »	-508 »	-420 50	-580 50	-483 20	-405 »	-473 »	-558 »	-439

DE LA CAMPINE (de 16 à 34).

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	40
TESSENDERLOO (GENENDYCK). COTE DU SOL : + 24.	BOLDERBERG. COTE DU SOL : + 33.	HEUSDEN (UBBERSIED). COTE DU SOL : + 32.	BEERINGEN. COTE DU SOL : + 28.	PAEL. COTE DU SOL : + 32.	MEEUWEN. COTE DU SOL : + 32.	EELLEN. COTE DU SOL : + 35.	MECHELEN-SUR-WEUSE. COTE DU SOL : + 45.	WESTERLOO (MERODE). COTE DU SOL : + 42.5.	MEERHOUT (ZITTART). COTE DU SOL : + 24.	WYSHAGEN-DONDERSLAG. COTE DU SOL : + 90.
Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
»	»	?	4 »	»	»	»	»	»	1 »	»
»	»	?	»	»	»	»	»	»	»	»
»	44 »	?	»	»	»	21 »	44 75	42 55	3 »	»
»	»	?	»	»	5 50	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
203 ?	»	?	54 50	400 »	-121 50	207 45	»	39 75	64 80	»
»	26 »	?	22 50	»	62 50	»	76 70	»	31 20	»
433 ?	80 »	»	137 »	410 »	30 »	66 ?	39 55? 54 »?	61 50 6 80	423 90 6 20	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	40 »	?	»	200 »	»	66 ?	»	»	464 75	»
»	»	»	»	»	»	»	»	44 80	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	6 95	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	30 05	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	44 80	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	400 »?	»	»
18 »	50 »	?	72 »	40 »	»	71 20	8 20	20 »	26 50	»
»	40 »	?	42 »	50 »	-182 50	56 60	»	40 »	62 50	»
396 »	-245 »	-268 »?	-304 »	-468 »	-330 »	-452 6?	-147 2	-297 5	-459 5	—
620 5	-461 »	-494 7	-528 5	-573 »	-574 » grès rouge 14 mètres.	-843 »?	-368 »	-533 7	-680 »	-567 7

TABLEAU DES SONDAGES HOUILLERS

DE LA CAMPINE (de 16 à 34).

SÉANCE DU 16 JUIN 1903.

	ZONHOVEN. COTE DU SOL : + 40.	ZOLDER. COTE DU SOL : + 40.	ZONHOVEN (DAALEBIEDE). COTE DU SOL : + 51.	HELCHTEREN. COTE DU SOL : + 60.	LANKLAER. COTE DU SOL : + 46.	EYSDEN. COTE DU SOL : + 45.	ZOLDER (DE THEUX). COTE DU SOL : + 32.	ZOLDER (VOOSTER HEIDE). COTE DU SOL : + 52.5.	LANKLAER COTE DU SOL : + 46.	TESSENDERLOO (GERENDYK). COTE DU SOL : + 29.	BOLDERBERG. COTE DU SOL : + 35.	HEUSDEN (DUBBESL). COTE DU SOL : + 32.	BEERINGEN. COTE DU SOL : + 28.	PAEL. COTE DU SOL : + 32.	MEEUWEN. COTE DU SOL : + 82.	EELLEN. COTE DU SOL : + 35.	MECHELEN-SUR-NEUSE. COTE DU SOL : + 45.	WESTERLOO (WIBBOLD). COTE DU SOL : + 42.5.	MEERHOUT (ZITTAERT). COTE DU SOL : + 24.	WYSHAGEN-ONDERSLAG. COTE DU SOL : + 90.
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moderne	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Flandrien	2 "	40 "	9 "	"	"	"	"	13 50	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1 "	"
Campinien	"	"	"	"	14 "	26 "	"	"	"	"	14 "	"	"	"	"	21 "	14 75	12 55	3 "	"
Moséen	"	"	"	5 "	53 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5 50	"	"	"	"	"
Poederlien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Diestien	"	"	"	66 "	"	"	"	37 "	"	"	"	"	"	"	-121 50	"	"	39 75	64 80	"
Bolderien	"	"	61 "	66 "	120 "	114 "	50 "	60 "	"	-203 ?	26 "	"	22 50	"	62 50	207 45	76 70	"	31 20	"
Rupélien	168 "	262 "	75 "	83 "	"	25 "	65 ?	70 ?	"	183 ?	80 "	"	137 "	110 "	80 "	66 ?	39 55 ? 54 ?	61 50 6 80	123 90 6 20	"
Oligocène supérieur	"	"	"	"	50 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Tongrien	30 "	"	"	"	"	"	65 ?	70 ?	"	"	40 "	"	"	200 "	"	66 ?	"	"	164 75	"
Asschien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	14 80	"	"
Wemmelien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	6 95	"	"
Ledien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Laekenien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	30 05	"	"
Bruxellien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	14 80	"	"
Ypresien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	100 ?	"	"
Landenien	"	"	95 "	80 "	"	36 75	60 "	"	81 50	"	50 "	"	72 "	40 "	"	71 20	8 20	20 "	26 50	"
Heersien	68 "	-28 "	37 50	50 "	"	"	80 "	"	"	-18 "	40 "	"	42 "	50 "	-182 50	56 60	"	40 "	62 50	"
Toit du Crétacique	-228 "	-290 "	-236 "	-290 "	-191 "	-156 70	-288 "	"	-349 "	-396 "	-245 "	-268 ?	-304 "	-468 "	-330 "	-132 6?	-147 2	-297 5	-459 5	—
Toit du Houiller	-434 "	-508 "	-420 50	-380 50	-483 20	-405 "	-473 "	-358 "	-459 60	-620 5	-461 "	-494 7	-328 5	-573 "	-874 "	-843 ?	-368 "	-533 7	-680 "	-567 7

grès rouge
14 mètres.

	ZONHOVEN. — COTE DU SOL : + 40. 16	ZOLDER. — COTE DU SOL : + 40. 17	ZONHOVEN (DAAIHEDE). — COTE DU SOL : + 54. 18	HELCHTEREN. — COTE DU SOL : + 60. 19	LANKLAER. — COTE DU SOL : + 46. 20	EYSDEN. — COTE DU SOL : + 45. 21	ZOLDER (OP THEUX). — COTE DU SOL : + 32. 22	ZOLDER (VOORTER HEIDE). — COTE DU SOL : + 52.5. 23	LANKLAER. — COTE DU SOL : + 94. 24
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Schistes, grès et veinettes	18 »	1 20	98 80	1 »	9 80	17 90	71 50	6 40	3 30
COUCHE	0 40	1 »	0 40	0 65	2 20	1 45	0 45	1 05	0 58
Schistes et grès	18 90	29 45	9 40	25 45	9 75	44 25	48 90	9 35	17 07
COUCHE	0 65	0 40	0 70	0 80	1 30	0 45	0 72	1 35	0 60
Schistes et grès	44 40	3 23	42 80	75 50	44 65	4 90	64 53	4 25	44 40
COUCHE	0 64	0 50	0 95	1 »	0 53	0 45	0 60	1 »	0 60
Schiste et grès	54 71	2 32	462 »	48 95	43 52	4 65	57 68	49 90	1 90
COUCHE	0 80	0 65	0 85	1 »	0 55	0 67	»	0 40	1 20
Schiste et grès	44 70	34 95	46 »	78 90	44 50	6 88	»	24 20	54 35
COUCHE	0 80	0 80	0 60	0 55	0 45	0 40	»	0 60	0 90
Schiste et grès	90 25	31 50	4 74	»	45 30	45 30	»	6 90	34 40
COUCHE	»	1 10	»	»	0 60	0 57	»	1 30	1 08
Schistes et grès	»	6 40	»	»	68 75	0 87	»	27 00	4 04
COUCHE	»	0 70	»	»	1 40	0 82	»	1 45	»
Schistes et grès	»	22 60	»	»	48 35	23 94	»	50 35	»
COUCHE	»	0 60	»	»	0 75	2 25	»	1 45	»
Schistes et grès	»	40 80	»	»	35 35	48 »	»	46 95	»
COUCHE	»	0 50	»	»	0 85	0 65	»	1 75	»
Schistes et grès	»	44 45	»	»	54 90	30 40	»	9 85	»
COUCHE	»	»	»	»	0 43	0 70	»	0 50	»
Schistes et grès	»	»	»	»	4 32	68 45	»	33 40	»
COUCHE	»	»	»	»	0 60	0 40	»	1 40	»
Schistes et grès	»	»	»	»	44 90	58 65	»	»	»
COUCHE	»	»	»	»	»	0 66	»	»	»
Schistes et grès	»	»	»	»	»	218 54	»	»	»
COUCHE	»	»	»	»	»	1 75	»	»	»
Schistes et grès	»	»	»	»	»	31 40	»	»	»
PROFONDEUR TOTALE .	717 25	710 15	775 44	844 30	810 »	1000 »	751 78	837 80	686 12

[illegible]

	ZONHOVEN. COTE DU SOL : + 40.	ZOLDER. COTE DU SOL : + 40.	ZONHOVEN (WALLINDE). COTE DU SOL : + 51.	HELCHTEREN. COTE DU SOL : + 60.	LANKLAER. COTE DU SOL : + 46.	EYSDEN. COTE DU SOL : + 45.	ZOLDER (DE THEUX). COTE DU SOL : + 32.	ZOLDER (VOORTER HUIDE). COTE DU SOL : + 52.5.	LANKLAER. COTE DU SOL : + 54.	TESSENDERLOO (QUINTON). COTE DU SOL : + 24.	BOLDERBERG. COTE DU SOL : + 35.	HEUSDEN (VUBERSL). COTE DU SOL : + 32.	BEERINGEN. COTE DU SOL : + 28.	PAEL. COTE DU SOL : + 32.	MEEUWEN. COTE DU SOL : + 82.	EELLEN. COTE DU SOL : + 35.	MECHELEN-SUR-WEUSE. COTE DU SOL : + 45.	WESTERLOO (HEROLD). COTE DU SOL : + 42.5.	MEERHOUT (JITTAERT). COTE DU SOL : + 24.	WYSHAGEN-DONDERSLAG. COTE DU SOL : + 90.
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Schistes, grès et veinettes	18 »	1 20	98 80	1 »	9 80	17 90	71 50	6 40	3 30	425 64	89 25	55 30	161 56	49 25	16 50	»	123 40	1 13	182 40	28 52
COUCHE	0 40	1 »	0 40	0 65	2 20	1 45	0 45	1 05	0 50	1 14	1 25	0 75	0 95	1 13	1 40	»	0 40	0 45	avec veinettes	1 93
Schistes et grès	18 90	29 45	9 40	25 45	9 75	14 25	18 90	9 35	17 07	85 11	4 75	187 51	35 45	67 82	70 50	»	106 50	69 95	»	20 03
COUCHE	0 65	0 40	0 70	0 80	1 30	0 45	0 72	1 35	0 00	0 75	0 40	0 65	0 58	0 80	0 55	»	0 50	0 50	»	0 65
Schistes et grès	44 40	3 23	42 80	75 50	14 65	4 90	64 53	4 25	11 40	69 09	44 60	5 50	78 89	3 30	94 80	»	21 75	105 98	»	106 42
COUCHE	0 64	0 50	0 95	1 »	0 53	0 45	0 60	1 »	0 00	0 80	0 72	0 50	0 63	0 60	0 40	»	0 60	0 69	»	0 82
Schiste et grès	54 71	2 32	162 »	18 95	13 52	1 65	57 68	19 90	1 30	4 85	4 28	5 30	126 97	190 35	141 83	»	52 03	79 57	»	31 75
COUCHE	0 80	0 65	0 85	1 »	0 55	0 67	»	0 40	1 25	0 90	0 60	0 50	0 65	0 90	0 94	»	0 64	»	»	1 90
Schiste et grès	14 70	34 95	16 »	78 90	14 50	6 88	»	24 20	54 35	49 16	7 05	98 40	16 85	11 »	»	»	81 68	»	»	21 70
COUCHE	0 80	0 80	0 60	0 55	0 45	0 40	»	0 60	0 00	»	0 70	0 40	0 75	1 25	»	»	»	»	»	2 13
Schiste et grès	90 25	31 50	1 74	»	15 30	15 30	»	6 90	34 40	»	»	11 60	29 69	20 80	»	»	»	»	»	73 37
COUCHE	»	1 10	»	»	0 60	0 57	»	1 30	1 00	»	»	0 40	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	6 40	»	»	68 75	0 87	»	27 00	4 01	»	»	105 36	»	»	»	»	»	»	»	»
COUCHE	»	0 70	»	»	1 40	0 82	»	1 45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	22 60	»	»	18 35	23 94	»	50 35	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
COUCHE	»	0 60	»	»	0 75	2 25	»	1 45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	10 80	»	»	35 35	48 »	»	16 95	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
COUCHE	»	0 50	»	»	0 85	0 65	»	1 75	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	14 45	»	»	54 90	30 40	»	9 85	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
COUCHE	»	»	»	»	0 43	0 70	»	0 50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	»	»	»	4 32	68 45	»	33 40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
COUCHE	»	»	»	»	0 60	0 40	»	1 40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	»	»	»	14 90	58 65	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
COUCHE	»	»	»	»	»	0 66	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	»	»	»	»	218 54	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
COUCHE	»	»	»	»	»	1 75	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Schistes et grès	»	»	»	»	»	31 40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
PROFONDEUR TOTALE .	717 25	710 15	775 44	844 30	810 »	1000 »	751 78	837 80	686 12	561 »	685 35	1002 86	1022 42	922 30	996 54	878 55	800 »	807 90	889 40	947 48

presque complètement défaut. Le fait n'est pas surprenant. La plupart des sondages furent exécutés à des cotes élevées; il en résulte que les sources artésiennes ont leur niveau piézométrique en contre-bas du sol. Si les forages se faisaient à l'aide d'un courant d'eau limpide, leur présence serait immédiatement signalée par des pertes d'eau résultant de la surcharge du niveau d'eau; mais nous avons vu qu'on se servait d'eau très chargée d'argile, qui colmate immédiatement les couches perméables et les fait passer inaperçues.

Le sondage du Bolderberg a amené au sol une source des fissures du Maestrichtien. Le forage de Lanklaer, n° 20, a donné de l'eau jaillissante provenant de la profondeur de 529 mètres, et celui de Meerhout de 480 mètres, base du Heersien. La coupe du sondage de Westerloo signale la source bruxellienne atteinte par notre forage, et d'après nos renseignements particuliers, le sondage houiller aurait trouvé entre 200 et 300 mètres une belle source (1), très abondante, d'excellente qualité, qui aurait été gâtée plus tard par son mélange avec une source saline trouvée vers 500 mètres de profondeur. A Beeringen, on a trouvé une belle source jaillissante à 552 mètres de profondeur, soit à la cote — 304. Elle est probablement la même que celle que nous avons atteinte à la cote — 125 à Zeelhem, localité située à une dizaine de kilomètres au Sud de Beeringen.

M. le Secrétaire général donne lecture du passage suivant d'une lettre datée du 5 juin, que lui a adressée notre savant confrère M. A. de Lapparent.

A. DE LAPPARENT. — Importantes découvertes paléontologiques dans le Soudan français.

Hier, j'ai mis sous les yeux de l'Académie des sciences une Ammonite, la première qui ait été rapportée du Soudan. L'échantillon a été recueilli au Damerghou, entre Zinder et l'Aïr, par M. le capitaine Gaden, en compagnie d'une Exogyre du groupe d'*E. columba*. Par ses caractères, l'Ammonite se rapproche du groupe d'espèces qui caractérise habituellement le Turonien supérieur.

Ainsi l'Oursin de Bilma nous avait montré la présence du Maestrich-

(1) Le niveau aquifère ne peut être que celui du sable vert landenien *L1d* recouvert par l'argile ypresienne, qui le sépare de la nappe bruxellienne.

tien près du Tchad, les fossiles de Tamaské prouvaient l'existence du Lutétien entre le Tchad et l'Atlantique; voici maintenant le Turonien reconnu au Damerghou. En même temps, on peut conjecturer que c'est avec raison que Rohlfs avait signalé la présence des Ammonites à Bilma.

Quelle moisson pour les futurs chercheurs et quel intérêt il y aurait à savoir si cette mer crétacée et tertiaire de l'Afrique, au Nord du 14^e parallèle Nord, avait quelque communication méridionale avec celle qui déposait au Gabon et à Angola les couches qu'on y connaît déjà!

M. E. Van den Broeck, comme complément à cette intéressante communication, croit bien faire d'ajouter quelques détails rétrospectifs au sujet des découvertes antérieures de paléontologie soudanaise auxquelles fait allusion M. A. de Lapparent, découvertes dont le savant membre de l'Institut a parlé en des séances précédentes de l'Académie des sciences.

Une première trouvaille, faite par le colonel Monteil, avait permis, il y a deux ans, à M. de Lapparent (1) d'établir que la mer maestrichtienne a dû s'étendre jusqu'au centre de l'Afrique. Il s'agissait alors d'un Oursin appartenant nettement au Crétacé supérieur, et les caractères et types d'habitat de cette forme d'Oursin indiquaient, suivant M. de Lapparent, une communication facile entre la mer secondaire du Sahara oriental et celle du Nord-Ouest de l'Inde. Cette communication semble avoir dû se faire par l'Égypte et la Syrie.

A la suite d'un appel fait par M. de Lapparent aux officiers et fonctionnaires du Soudan, attirant leur attention sur l'importance que pouvaient avoir des constatations et découvertes paléontologiques dans le bassin du Tchad et dans les régions voisines, on avait obtenu ce premier renseignement que le capitaine Pallier — malheureusement mort depuis et dont les récoltes ont été égarées — avait recueilli, au dire du capitaine Lenfant, des Oursins, trouvés aux environs de Zinder. Mais tout récemment le capitaine Gaden a soumis à M. de Lapparent des fossiles recueillis par lui dans la localité de Tamaské, à environ 400 kilomètres à l'Ouest de Zinder. Or, le renseignement d'âge fourni par ces fossiles est absolument décisif et a fourni à M. de Lapparent l'occasion d'un intéressant exposé fait à l'Institut à la séance du

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, t. CXXXII, p. 388.

11 mai dernier et intitulé : *Sur les traces de la mer lutétienne au Soudan* (1).

C'est dans des calcaires disposés en bancs réguliers et modelés en escarpement par l'action d'anciens lits fluviaux, aujourd'hui ensablés, que le capitaine Gaden a recueilli un Nautilé, quatre Oursins, des Lucines et deux moules de Nérîte.

Le Nautilé, comparé par M. Douvillé aux collections de l'École des Mines, paraît très voisin du *Nautilus Lamarcki* du Calcaire grossier parisien. C'est aussi une espèce fréquente dans nos sables éocènes de Bruxelles.

M. Victor Gauthier, l'échinologiste bien connu, a étudié les Oursins, et sans hésitation il les rattache à l'Éocène moyen, ou Lutétien. Le genre *Plesiolampas*, particulier à l'Éocène moyen de l'Inde et de l'Égypte, est représenté par une espèce nouvelle.

Un *Rhabdocidaris* mal conservé, de la section *Leiocidaris*, indique simplement un Oursin tertiaire. Mais deux bons exemplaires du genre *Linthia* ressemblent tellement, d'après M. V. Gauthier, au *Linthia Ducroqui* Cotteau, du Calcaire éocène de Saint-Palais (Charente-Inférieure), qu'on peut difficilement les en séparer.

Les moules de Lucines, rapportés du Lutétien de Tamaské, indiquent des espèces appartenant au groupe éocène de la *Lucina gigantea*, et les moules de Nérîtes appartiennent à la variété de *Nerita* (*Velates*) *Schmidliana*, qui caractérise l'Éocène moyen (2).

La mer lutétienne, qui déjà, grâce à des *Échinolampas* recueillis dans des puits des environs de Dakar, était jalonnée dans cette région du territoire africain, s'est donc avancée, fait remarquer M. de Lapparent, jusqu'au cœur du Soudan.

Dans la région située au Sud de l'Aïr, qui a été traversée par la mission Foureau-Lamy, il a été constaté dans des couches marneuses, en plusieurs points de la contrée intermédiaire entre Tamaské et le Tchad, notamment à Zinder et dans le Damerghou, l'extension de la formation éocène renfermant les mêmes Nautilés et les mêmes Oursins qu'à Tamaské.

M. de Lapparent, partant de ce fait qu'aucun relief ne sépare le Damerghou de la région de Bilma, dans le Sahara oriental, où a été

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXXXVI, p. 1118 (séance du 11 mai 1903).

(2) Les détails relatifs à ces deux derniers genres sont fournis par M. de Lapparent dans sa note ultérieure à l'Académie des sciences : *Sur de nouveaux fossiles au Soudan* (séance du 2 juin 1903).

trouvé l'Oursin maestrichtien, conclut que vraisemblablement la mer lutétienne a également occupé cette dernière région.

Quoi qu'il en soit, dit le savant membre de l'Institut, « la trouvaille de Tamaské, complétant celle de Bilma, modifie considérablement l'idée qu'on avait coutume de se faire du passé géologique de l'Afrique. Longtemps on avait admis que le dernier effort de la mer s'était traduit, à l'époque crétacée, par un golfe éthiopien venant de la Méditerranée et n'atteignant pas les hauteurs du Tibesti.

» L'Oursin de Bilma nous avait appris que ce golfe s'était avancé au moins jusqu'aux approches du Tchad. Voici maintenant qu'il nous faut admettre, à l'époque lutétienne, une incursion de la mer depuis Dakar jusqu'au Damerghou, sans préjudice d'une jonction possible de ce golfe atlantique avec le golfe lybique. En tout cas, au moins jusqu'au Tertiaire moyen, la mer a occupé le cœur du Soudan, nourrissant sur ses bords des êtres semblables à ceux qui vivaient dans les mers de l'Inde, de l'Égypte et du golfe bordelais (1). »

Dans sa toute récente note du 2 juin dernier (2), à laquelle fait allusion sa lettre ci-dessus, M. A. de Lapparent signale les deux nouveaux importants fossiles du Damerghou (entre Zinder et l'Aïr) que lui a remis dernièrement le capitaine Gaden. L'Exogyre est constituée par une coquille un peu roulée, de type incontestablement crétacé. L'Ammonite, représentée par du carbonate de fer, est la première qui ait été constatée au Soudan. M. Munier-Chalmas, qui l'a soigneusement étudiée, lui trouve des affinités avec deux genres turoniens : *Mammites* et *Vascoceras*. Le dernier genre a été créé par Choffat pour des espèces turoniennes à distribution assez vaste, qu'on observe à la fois en Tunisie, en Algérie, en Portugal, en Espagne et en Provence.

Cette découverte permet, dit M. de Lapparent, d'assimiler avec assez de vraisemblance à des formes crétacées les Ammonites que le voyageur Rohlf s a signalées, il y a un demi-siècle, dans la relation de son voyage du Tibesti à Bilma.

Les mers de la craie, qui s'étendaient donc de la Libye jusqu'à Bilma et à l'Ouest du Tchad, couvrant le Damerghou et rejoignant sans doute l'Atlantique, constituèrent des dépôts ayant ensuite servi de substratum aux couches éocènes, dont l'existence est maintenant acquise à Zinder, à Tamaské et sur les côtes du Sénégal.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXXXVI, p. 1120 (11 mars 1903).

(2) A. DE LAPPARENT, *Sur de nouveaux fossiles au Soudan* (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, t. CXXXVI, n° 22, pp. 1297-1298 [2 juin 1903]).

On est en droit de penser, dit M. de Lapparent, dans sa Note du 2 juin 1903, qu'à l'époque crétacée, « toute la partie de l'Afrique située au Nord du 15° ou 14° degré de latitude Nord était occupée par une vaste mer, laissant émerger, d'un côté, le massif de l'Abyssinie, de l'autre une île embrassant l'Aïr, les Tassili, l'Ahaggar et le Tademait ».

Dans une étude intitulée : *Sur une formation marine d'âge tertiaire au Soudan français* et publiée dans le numéro du 13 juin 1903 de la *Géographie*, M. A. de Lapparent reprend l'ensemble des résultats obtenus jusqu'ici sur l'extension des eaux marines éocènes dans la région soudanaise.

Après avoir conclu que c'était bien un bras de mer venant de l'Atlantique qui, passant sur le territoire de la Sénégambie, devait s'étendre jusqu'au Sahara oriental, l'auteur termine ainsi :

« Ce bras de mer arrivait-il en Libye? C'est probable, quand on réfléchit que les affinités indiennes de l'Oursin de Bilma dénotent une communication par l'Égypte avec l'Inde. Et cette probabilité augmente encore par le fait qu'un des Oursins de Tamaské appartient à un genre qui, jusqu'à présent, n'est connu que de l'Égypte et de l'Inde; de sorte que les échantillons égyptiens semblent jalonner la route que les êtres marins auraient suivie pour aller de l'Inde, par la Syrie et la Libye, jusqu'au Soudan.

» Quoi qu'il en soit, il résulte de ces trouvailles un changement complet dans la manière d'envisager le passé géologique du continent africain. Non seulement les conclusions tirées de l'Oursin de Bilma ne peuvent plus être discutées; mais leur portée s'agrandit encore et s'étend à des époques plus rapprochées de la nôtre. Ce n'est pas seulement dans le Nord, sur les régions de la Libye et de l'Atlas, que les mers crétacées et tertiaires ont réussi à empiéter, c'est aussi dans la partie centrale, entre le Sénégal et le Tchad. De la sorte, au moment où la mer lutétienne couvrait la contrée de Paris, et où sur ses bords croissaient les palmiers-éventails, alors que, sur l'emplacement des futures Pyrénées, la même mer édifiait les assises du calcaire à nummulites, l'Afrique du Nord ne formait guère qu'une île, comprenant les massifs actuels de l'Aïr, des Tassili, de l'Ahaggar et du Touat. Une autre île, ou presque île, surgissait en Éthiopie, entourée à l'Ouest par la mer de Bilma, à l'Est par une autre mer, dont les traces se retrouvent dans la terre des Somalis, sur le bord de l'Afrique orientale et à Madagascar.

» Ainsi s'explique le climat dont jouissaient alors les régions situées au Nord d'une pareille Méditerranée. D'autre part, si le régime désertique a pris possession du Sahara, du moins cette modification ne remonte-t-elle pas, comme on le croyait, à l'aurore des temps secondaires, et sans recourir à l'hypothèse, aujourd'hui abandonnée, d'une mer saharienne contemporaine des grands glaciers alpins, on n'est plus forcé d'infliger à l'Afrique du Nord la monotone histoire d'une émergence indéfiniment prolongée.

» Le bras de mer qui s'étendait du Sénégal au Tchad avait-il vers le Sud d'autres ramifications? Un de ses bras réussissait-il à passer entre les massifs granitiques que traverse la Bénoué? C'est ce que nous apprendra sans doute la mission que se propose d'accomplir M. le capitaine Lenfant, à qui nous souhaitons le succès que mérite une telle entreprise. En attendant, c'est une chose considérable que l'occupation française du Soudan, déjà si féconde pour avoir mis fin aux cruautés des Samory et des Rabah, couronne son œuvre civilisatrice par des conquêtes scientifiques. »

Pour terminer cette communication, résumant les divers exposés récemment faits par M. A. de Lapparent sur la répartition des terres et des mers éocènes du Soudan français, M. *Van den Broeck* ajoute que son confrère M. *Van de Wiele*, avec lequel il s'entretenait de ce captivant sujet, lui faisait remarquer que le climat désertique du Sahara a commencé à une époque qui ne peut remonter bien loin dans les âges tertiaires, car un grand nombre d'espèces d'animaux et de plantes de la faune et de la flore modernes se rencontrent à la fois au Soudan, en Éthiopie et dans l'Inde, indiquant ainsi l'existence récente de contrées fertiles s'étendant depuis l'Atlantique jusqu'à l'Océan Indien.

QUESTION MISE A L'ORDRE DU JOUR.

La vitesse de propagation des eaux souterraines et de la fluorescéine dans les canaux et fissures des terrains calcaires.

M. E. *Van den Broeck* donne lecture d'une Note, résumant comme suit un récent travail de MM. E. *Fournier* et A. *Magnin* exposant le résultat de leurs recherches, dans le Jura, relatives à la vitesse d'écoulement des eaux souterraines.

ANALYSE D'UNE NOTE DE MM. E. FOURNIER ET A. MAGNIN

SUR LA

VITESSE D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

PAR

Ernest VAN DEN BROECK

Dans leur étude publiée dans le numéro du 6 avril 1903 des *Comptes rendus* de l'Académie des sciences, MM. E. FOURNIER et A. MAGNIN ont exposé sur la *Vitesse d'écoulement des eaux souterraines* un ensemble de considérations destinées à attirer, à divers titres, l'attention de ceux de nos collègues, assez nombreux d'ailleurs, qui s'intéressent à la circulation des eaux en massifs calcaires. Certains éléments de cet exposé réclament, vu leur importance autant scientifique que pratique, d'être mis en relief et étudiés — non sans esprit critique toutefois à certains égards — par ceux qui emploient la fluorescéine, sans se rendre toujours exactement compte des multiples et compliqués facteurs à l'aide desquels se diversifient les résultats des expériences. D'autres éléments dérivent de données fournies par des observateurs divers et auxquelles les auteurs paraissent avoir, trop hâtivement peut-être, attribué une portée générale qu'elles ne peuvent cependant avoir, vu surtout les conditions spéciales dans lesquelles ces expériences ont été faites. Bref, cet exposé réclame une étude assez complexe de mise au point, et comme il eût pu paraître quelque peu présomptueux, tant de la part de mon collaborateur, M. Rahir, que de moi-même, — qui avons précisément l'intention d'étudier expérimentalement l'emploi des substances diverses destinées à l'étude de la circulation souterraine des eaux, — comme il eût pu paraître audacieux, dis-je, d'élever des critiques à l'égard d'auteurs ayant fait leurs preuves depuis 1896, notamment dans la région du Jura, j'avais, au préalable, en notre nom commun, demandé à M. Le Couppey de la Forest, secrétaire de la Commission d'études des eaux de Paris, son avis sur les doutes très accentués que nous inspiraient, à M. Rahir et à moi, certaines des conclusions si formelles énoncées, sans aucune mention

restrictive régionale, dans leur note de l'Académie des sciences, par MM. E. Fournier et A. Magnin, conclusions dont certaines nous paraissaient, pour quelque lieu ou région que ce fût, absolument contestables.

C'est cette demande qui vaut à la Société l'intéressante communication qui va être faite tout à l'heure et qui apporte d'utiles éclaircissements à la question. Cette communication de M. Le Couppey a été, par les soins du Bureau, imprimée en épreuves préalables et envoyée, à titre de base de discussion en séance, à un certain nombre de nos collègues. On verra plus loin que l'appel a été largement entendu, car il nous a valu de précieuses communications des voix les plus autorisées en la matière. Qu'il suffise de signaler MM. E.-A. Martel, L. Janet, le professeur Schardt, F. Marboutin, dont les exposés vont faire suite tout à l'heure à celui de M. Le Couppey, sans compter des notes, moins développées, mais toujours intéressantes, de MM. Imbeaux, Forel, Max Lohest et, enfin, un exposé complémentaire de MM. Fournier et Magnin. La discussion que nous allons ainsi voir s'ouvrir en séance ne pourra manquer d'être des plus fructueuses.

Voici tout d'abord, comme base de cette discussion, comment peut se résumer la note publiée à l'Académie des sciences de Paris par MM. Fournier et Magnin.

Dans les calcaires du Jura, expérimentés par eux et par d'autres spécialistes, ces auteurs ont constaté que la lenteur de propagation de la fluorescéine est toujours très grande, et ils la considèrent comme étant en général inférieure à 1 kilomètre par jour, ce qui constitue un premier résultat ne pouvant être que d'application *régionale*, et qu'il serait imprudent, semble-t-il, de tenter d'accepter comme base de généralisation. D'après ces auteurs, une des causes de cette lenteur serait la présence de cavités assez vastes — nullement spéciales à ces régions cependant, — où l'eau demeure presque stagnante et dans le parcours desquelles la vitesse devient sensiblement nulle en eaux basses. C'est à ces cavités, souvent constatées *de visu* par MM. Fournier et Magnin dans leurs explorations souterraines, que ces auteurs attribuent aussi les grandes variations de vitesse de propagation observées entre le régime des eaux basses et celui des grandes eaux. Cette variation, suivant eux, peut aller de 1 à 10, et dans une de leurs expériences (à Champlive), le volume des cavités a été suffisant pour faire disparaître d'une manière complète une coloration ayant affecté 280 000 mètres cubes.

Partant de ce fait, considéré comme démontré pour eux, — mais

qui réclame de sérieuses réserves, — que la vitesse circulatoire de l'eau dans les galeries et conduites du calcaire est de beaucoup supérieure à la vitesse de propagation de la fluorescéine qui a été déversée, les auteurs considèrent d'abord le cas où, en basses eaux, l'écoulement s'effectue dans les galeries comme dans une conduite libre, et ils établissent par une formule, tenant compte de la pente et du rapport entre la surface de section et le périmètre mouillé, la vitesse à la surface. Or, au sein des grands réservoirs stagnants intercalés sur le parcours du réseau, la vitesse doit tendre à subir un certain ralentissement. Mais les conditions sont radicalement changées, montrent les auteurs, lorsque, par suite de l'afflux des grandes eaux, les galeries se remplissent complètement. Tout l'ensemble du système fonctionne alors comme une *conduite en pression* et d'autres éléments interviennent aussitôt, fournis, d'après les auteurs, par les formules de Prony et de Darcy, montrant, suivant eux, que corrélativement à l'augmentation de diamètre de la conduite, la vitesse augmente aussi. Les portions dilatées ou réservoirs deviendraient alors, d'après les auteurs, de véritables éléments propulseurs accroissant considérablement la vitesse. Si les auteurs veulent dire que quand le régime des conduites en pression est établi, la vitesse des *parties resserrées* s'accroît notamment sous l'influence des réserves fournies par les régions dilatées pleines d'eau, cela constituerait déjà un énoncé suffisamment contestable; mais leur texte semble même laisser croire que la vitesse augmente *dans les parties dilatées*, ce qui est absolument inadmissible. Mais en tout cas, si dans des cours d'eau superficiels, la vitesse moyenne varie d'une façon régulière, d'après les changements du rapport entre la surface de section et le périmètre mouillé, il en est tout autrement dans les cours d'eau souterrains appelés, en cas de grandes eaux, à se transformer subitement en régime de conduite en pression, modifiant considérablement du même coup leur vitesse. « C'est en ce moment, disent les auteurs, que se déversent brusquement dans le réseau souterrain les boues de décanation, chargées de bactéries et de matières putrescibles, qui s'étaient accumulées en basses eaux dans les réservoirs stagnants. »

Inutile d'insister davantage sur cette importante conclusion, qui paraît fondée. Reste toutefois à étudier dans quelle proportion et sous l'empire de quelles circonstances, s'effectuerait, s'il est réel, le retard de la propagation de la fluorescéine par rapport à celle de la vitesse, disons non de l'eau, mais des parties les plus rapides (centre ou surface de la veine liquide) de l'eau en mouvement. C'est ce qui devra faire l'objet d'expériences multiples et très délicates. Il semble admissible,

jusqu'à un certain point, que l'eau chargée de fluorescéine, qui s'y diffuse rapidement à l'état de dissolution, deviendrait par ce fait plus dense et plus lourde(1) que les zones superficielles, sans cesse alimentées non seulement par les eaux non colorées, pouvant déboucher latéralement dans la conduite, en ses régions souterraines d'aval, mais encore par l'afflux normal succédant au flot artificiellement coloré. De là, sans doute, une tendance à obtenir, du moins après un certain temps de circulation calme ou peu accidentée, une zone de surface, restant plus ou moins limpide et pouvant être, suivant les circonstances, tantôt *en avance*, tantôt *en retard*, par rapport à une zone centrale, ou plus profonde, d'eau très colorée.

Ces différences de répartition et de vitesse, qui doivent se présenter également dans les cours d'eau à l'air libre, dépendront de facteurs d'ordre physique ou d'éléments ambiants (pente, régularité de surface liquide, répartition d'obstacles, etc.), localement variés d'ailleurs, facteurs d'après lesquels les filets de *vitesse maximum* de l'eau se trouveront reportés sous la surface libre, dans une zone supérieure de l'afflux liquide en mouvement, zone plus ou moins axiale quand la conduite est régulière.

Si tantôt la zone de surface nettement affectée, tantôt la zone plus profonde axiale fortement colorée, se montrent fréquemment en retard sur un éclaircur faiblement coloré marchant avec la vitesse maximum de translation de l'eau, cela n'implique nullement un « retard » réel de la fluorescéine en général.

Cette prétendue constatation, signalée cependant, on va le voir, par de nombreux correspondants, paraissant donner raison au principe énoncé par MM. Fournier et Magnin, doit avoir, semble-t-il, pour motif, bien prosaïque, que l'œil de l'observateur n'a pas la faculté de percevoir la zone de dilution légère, d'*avant-garde* ou de *tête*, comme l'appellent respectivement MM. Martel et Schardt, et qui marche avec la même vitesse que celle de l'eau qui la véhicule.

Le transport, en effet, accompagné d'une diffusion constante de la fluorescéine pénétrant au sein de masses toujours renouvelées d'eau pure, doit forcément donner lieu à une dilution de la substance dissoute et à un affaiblissement croissant de la couleur.

L'existence de cette avant-garde faiblement colorée, invisible à l'œil nu, pourrait probablement se constater en puisant, d'une manière appropriée aux circonstances, au sein des filets liquides les plus rapides du courant et en examinant soigneusement au fluorescope Trillat-Mar-

(1) Hypothèse absolument controuvée par les expériences de laboratoire de M. Rahir.

(Note ajoutée pendant l'impression.)

boutin une eau qui à première vue paraîtrait absolument exempte de fluorescéine (1).

Indépendamment de ces faits, qu'un processus bien simple dans le mode d'échantillonnage et d'examen permettrait de vérifier expérimentalement, il convient d'admettre, semble-t-il, que dans les cas, nombreux d'ailleurs, où les canaux d'écoulement souterrain se compliquent de réservoirs ou de cavités localisées, de plus bas niveau que l'axe normal du courant d'amont, il pourrait y avoir dans leur sein un élargissement et un épanouissement des eaux plus denses, très colorées. On peut, de cette manière, concevoir la formation d'une *zone profonde* d'eaux colorées, s'accumulant tout naturellement dans les fonds, dans les réservoirs ou cavités, et n'avançant qu'avec des vitesses très ralenties ou même presque nulles dans ces poches profondes, par suite des résistances des parois et de l'étendue des cavités.

Si la fluorescéine, comme dans l'expérience de Champlive, dont parlent les auteurs, a été mise en quantité non proportionnée aux cavités — dont il n'est d'ailleurs guère facile de prévoir le volume — il se peut que le retard de l'apparition de la fluorescéine soit tel qu'il faille attendre un coup de pression en conduite forcée, comme peut en produire une forte chute pluviale, pour voir apparaître la fluorescéine *longtemps après* l'arrivée normale des eaux du ruissellement pluvial. Et si même la fluorescéine, déversée en suffisance, arrive au point d'observation, on peut comprendre que grâce au rôle des cavités et réservoirs, combiné peut-être avec une éventuelle densité plus grande et la vitesse moindre des eaux frottant contre le thalweg, on arrivera à constater un réel retard de la fluorescéine *apparente*.

Mais à côté de ces faits intéressants et plus ou moins compréhensibles, il en existe d'autres, signalés par MM. E. Fournier et A. Magnin, qui ne pourraient être acceptés qu'avec les plus sérieuses réserves, du moins comme base de règles ou de lois *générales*. Certains d'entre eux même peuvent se voir opposer, semble-t-il, des faits concluants en sens contraire; ce qui prouve que la question, à ce point de vue, est simplement ouverte et nullement résolue.

Que penser, par exemple, des déconcertants résultats d'expériences

(1) Ces derniers paragraphes, non lus en séance, lors de la présentation de cette communication, ont été ajoutés à la suite d'observations faites depuis par MM. Rahir et Van den Broeck, expériences permettant de préciser certains éléments du prétendu *retard* de la fluorescéine. Elles permettent d'**AFFIRMER** qu'il n'y a nullement retard de transport de celle-ci, mais défaut de *visibilité* de l'*avant-garde* de la substance colorante; de là *retard* dans la perception visuelle à l'œil nu.

soit citées, soit faites par les auteurs, d'après lesquelles le sel marin, l'amidon, le purin même, arriveraient au captage considérablement plus vite que la fluorescéine !

Ainsi, à *Noiraique*, l'expérience *Desor* avec l'amidon aurait fait réaliser un parcours déterminé en 8 heures, au lieu de 204 avec la fluorescéine. A l'*Areuse*, une autre expérience *Desor*, avec amidon, aurait fourni 12 heures au lieu de 512. A la source d'*Arcier*, une expérience *Jeannot*, avec sel marin, aurait fourni 9 $\frac{1}{2}$ heures au lieu de 92. A *Gellin*, un déversement de purin serait arrivé au captage deux fois plus vite que la fluorescéine. Il en serait de même de l'action de la levée des vannes et, enfin, des troubles et des crues microbiennes survenant après les pluies, le tout marchant plus vite, disent MM. Fournier et Magnin, que le flot coloré par la fluorescéine.

Mais n'aurions-nous pas, dans cette dernière partie des énoncés de MM. Fournier et Magnin, l'explication bien simple d'un des facteurs au moins du problème ? La levée des vannes et le flux limoneux des pluies augmentant le volume d'eau et sa pente, considérés d'amont vers le déversement, le captage ou vers la source d'aval, doivent FORCÉMENT amener, non seulement *une rapidité de translation plus grande* que celle caractérisant le flux normal, coloré par la fluorescéine, mais encore le phénomène d'une *transmission instantanée de l'onde de relèvement*, mais sans transport corrélatif des molécules liquides.

Des expériences de ce genre, destinées à étudier les différences de translation de diverses substances soit colorantes, soit en suspension ou en flottaison, doivent être faites dans des conditions d'*identité parfaite de débit*, et elles doivent même être faites SIMULTANÉMENT. Aussi longtemps que cela n'aura pas été fait, on ne sera pas en droit de *conclure*, comme paraissent l'avoir fait un peu prématurément peut-être MM. Fournier et Magnin, qui terminent leur exposé en disant :

« Les manifestations de la circulation souterraine se succèdent dans l'ordre de vitesse décroissante suivant :

- A. Troubles et intumescences après les pluies ;
- B. Crues microbiennes correspondantes ;
- C. Intumescence après la levée des vannes et arrêt après leur fermeture ;
- D. Apparition du sel, de l'amidon, etc. ;
- E. Apparition de la fluorescéine. »

Si, pour des raisons faciles à comprendre, la succession *A-B-C* est possible, rien ne dit que si l'on faisait coïncider avec les pluies ou avec la levée des vannes le déversement de la fluorescéine, il y aurait un

retard de celle-ci — si retard il y a — comparable le moins du monde aux chiffres différentiels, si étranges, fournis par les expériences Desor ou Jeannot; et, en tout cas, le retard indiqué de la fluorescéine sur le sel et surtout sur l'amidon paraît pouvoir difficilement se justifier!

Fortement intrigué par de tels résultats, je n'ai pas hésité à m'informer auprès de M. le Prof^r Fournier lui-même, l'un des auteurs de la Note des *Comptes rendus*, et dont les très estimés travaux géologiques et spécialement tectoniques, dans le Jura et le Quercy, comme ceux qu'il a consacrés au Caucase, font autorité.

Mon obligeant correspondant veut bien m'écrire que les expériences avec amidon, sel et fluorescéine, auxquelles il a été fait allusion, ont été effectuées à la même époque (1) et pendant des périodes de sécheresse; de sorte, dit-il, que ni le débit ni la pression n'ont varié entre les expériences, qui seraient donc comparables. Mais il ajoute qu'il va faire mieux encore en versant simultanément fluorescéine, sel marin et amidon.

Telle est bien, en effet, la nouvelle marche à suivre, mais j'ajouterai qu'il faut être certain aussi de se trouver en possession des moyens pratiques et sûrs d'être à même de déceler, aussi bien les premiers indices de couleur que le moment de première apparition des autres substances employées. Il y a là tout un côté technique dont il convient de se rendre maître avant de tirer des conclusions. Témoin la couleur elle-même, qui paraît cependant s'imposer comme si nettement perceptible quand il s'agit de fluorescéine.

Depuis un certain temps déjà, M. Rahir et moi avons reconnu la nécessité d'une donnée d'ordre matériel conforme à ce que vient justement de nous signaler avec insistance M. Trillat, l'inventeur du fluorescope (2). C'est que de très légers troubles dans l'eau empêchent complètement le dichroïsme de se manifester dans le tube du fluorescope et voilent la couleur. S'il y a des troubles, — et c'est un cas assez fréquent dans des expériences de ce genre, — la fluorescéine pourra être arrivée *sans qu'on s'en doute le moins du monde*, non seule-

(1) Il résulte cependant des documentations complémentaires éclaircissant la question et dont il sera question ultérieurement, que s'il s'agit peut-être très exactement de mêmes époques de l'année, il s'agit aussi d'années *très largement espacées* les unes des autres, ce qui, contrairement à la déclaration de M. Fournier, rend les expériences absolument *non comparables*. (Note ajoutée pendant l'impression.)

(2) L'auteur de cet instrument insiste vivement pour que l'on écrive, ainsi qu'il convient : *fluorescope* et non *fluoroscope*, qui, d'après lui, est incorrect et cependant fréquemment usité.

ment à l'œil nu, mais encore avec le meilleur tube du dispositif Trillat-Marboutin. Il faut *filtrer*; mon collaborateur M. Rahir l'a nettement reconnu dans plusieurs cas douteux, et aussitôt l'on voit, par cette séparation mécanique du trouble en suspension d'avec la matière en dissolution, apparaître nettement la fluorescéine, invisible auparavant.

MM. Fournier et Magnin, ou les observateurs dont ils relatent les expériences, sont-ils bien certains d'avoir toujours observé cette précaution, si nécessaire, lorsqu'ils se sont trouvés en présence d'eaux légèrement troubles, au sein desquelles, ni à l'œil nu, ni au point d'observation, ni dans le tube du fluorescope, ils ne soupçonnaient peut-être la présence, réelle cependant, de la fluorescéine?

Ne serait-ce pas tout simplement à l'oubli de cette précaution importante que serait dû, au moins en certains cas, l'écart si peu vraisemblable entre l'instant d'arrivée, mettons de perception, de la fluorescéine et celui des autres substances?

Il semble qu'il y ait réellement un défaut de ce genre à rechercher dans les expériences rapportées par les auteurs précités. C'est encore l'avis de M. Marboutin, lorsque, récemment consulté à ce sujet, il m'écrivit :

« Ces résultats : sel marin, amidon, fluorescéine, me semblent bien bizarres. N'y aurait-il pas un gros loup?... Je ne comprends pas qu'une molécule d'eau tenant en dissolution de la fluorescéine soit en retard sur la molécule contenant le sel marin ; je comprends mieux que l'amidon en suspension dans l'eau soit *en retard* sur les substances dissoutes. »

Si la première des conclusions de la note de MM. Fournier et Magnin, consacrée à l'ordre de vitesse différente des manifestations de la circulation souterraine, soulève de multiples points de protestation, de doute ou d'interrogation, il n'en est pas de même des deux autres conclusions de leur suggestif travail, conclusions auxquelles il semble qu'on puisse se rallier complètement et qui sont :

« Que la vitesse des cours d'eau souterrains peut *varier brusquement* et considérablement avec les précipitations atmosphériques ;

» Que de la lenteur de propagation de la fluorescéine, il ne faudrait pas conclure à une lenteur correspondante de propagation des cultures (1) microbiennes et que *les sources vaclusiennes sont sujettes à*

(1) L'expression « cultures » ici employée ne paraît guère appropriée, les auteurs ayant en vue, non des cultures proprement dites, mais des réserves ou emmagasine-ments d'éléments microbiens accidentellement réunis dans des cavités naturelles, ne se vidant que par intermittence.

une contamination brusque, impossible à prévoir à temps ; il ne faut donc pas les admettre comme eaux d'alimentation, même en temps de sécheresse, puisqu'il suffit d'une pluie d'orage pour les empoisonner brusquement. »

Or, ce que l'on qualifie généralement de « sources vauclusiennes », est-ce autre chose que les sources ordinaires, à plus grand débit simplement, des terrains fissurés calcaires ?

Dès lors, on comprend de quelles garanties, de quelles études minutieuses et prolongées il faut s'entourer avant d'émettre un avis qui ne soit pas défavorable à l'utilisation des eaux du calcaire et combien peu d'entre elles, même satisfaisantes pendant nombre d'années, offrent cependant des garanties absolues de *sécurité future* comparables à celle des ressources aquifères extraites des terrains homogènes perméables.

M. *Van den Broeck* rappelle que la note de M. *Le Couppey de la Forest* dont il va être question a été envoyée en *épreuve préalable* à ceux des membres que la chose intéresse particulièrement et qui ont ainsi pu étudier le problème à loisir ; il se borne donc à résumer brièvement en séance cette note, dont le texte complet suit.

CONSIDÉRATIONS

SUR LE

MODE DE PROPAGATION DE LA FLUORESCÉINE SOUS TERRE

PAR

M. LE COUPPEY DE LA FOREST

Ingénieur agronome,

Secrétaire de la Commission d'études des eaux de la ville de Paris.

A la suite de la très suggestive communication faite dernièrement à l'Académie des sciences par MM. Fournier et Magnin sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines (1), M. Van den Broeck a bien voulu nous demander si les expériences que nous avons effectuées dans les diverses régions où la ville de Paris a entrepris des recherches confirmaient pleinement les conclusions de cette communication. Il nous est impossible pour l'instant de discuter par nous-même en détail les différentes conclusions du travail de MM. Fournier et Magnin : nos études ne sont pas assez avancées pour nous permettre d'avoir déjà une opinion personnelle sur le plus grand nombre des points mis en relief par ces conclusions, quelque peu surprenantes.

Nous demanderons toutefois la permission d'exposer ici quelques observations sur le mode de propagation souterraine de la fluorescéine, en nous basant sur les expériences que nous avons faites ces derniers temps.

D'après MM. Fournier et Magnin, la lenteur de la propagation de la fluorescéine dans les réseaux à régime vauclusien serait toujours très grande : cette vitesse reste, en général, inférieure à 1 kilomètre par jour.

Nous ne répondrons pas à cette assertion par des observations tirées

(1) E. FOURNIER et A. MAGNIN, *Hydrologie*. — *Sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines*. (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 1903, n° 14. 6 avril, p. 910.)

des expériences effectuées dans les régions crayeuses alimentant la ville de Paris, soit par M. Marboutin pour ce qui touche les sources de l'Avre et celles de la Vanne, soit par M. Dienert pour ce qui concerne les sources de l'Avre et celles du Loing et du Lunain, soit par nous-même pour ce qui regarde les sources de la Vanne : MM. Fournier et Magnin considèrent, en effet, les régions où apparaissent ces sources comme des régions à perméabilité homogène.

Mais nous y répondrons par des expériences personnelles effectuées sur une vingtaine d'émergences distinctes, dans la région dite des sources des vallées de l'Yonne et de la Cure, région pour laquelle l'expression terrains à perméabilité homogène serait absolument inapplicable.

Les sources des vallées de l'Yonne et de la Cure, sur lesquelles nos études ont porté, sont, en effet, alimentées par des eaux qui, depuis leur point d'infiltration dans le sol jusqu'à leur point de réapparition aux émergences, circulent dans une succession de calcaires jurassiques de perméabilités très diverses.

Pour ne citer que deux exemples, la source du Bief, à Druyes-les-Bellesfontaines (vallée du ruisseau d'Audryes) provient en partie d'eaux s'infiltrant sur le Séquanien, cheminant dans ce terrain, puis dans le Rauracien et émergeant enfin dans l'Oxfordien (1).

Inversement, la source de Réchimey, près de Lucy-sur-Yonne, est alimentée pour une part par des eaux qui s'infiltrent sur le Bathonien, circulent dans ce terrain et dans l'Oxfordien, et réapparaissent dans le Rauracien (2).

Or, ces différents calcaires sont loin de jouir d'une perméabilité homogène. Ils sont tantôt divisés en petits bancs de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, tantôt déposés en lits compacts, puissants de 1 mètre à 1^m,50. C'est, en effet, dans le Séquanien des environs de Druyes que sont ouvertes les belles carrières de pierre de taille de Druyes, de Molesmes, de Courson, etc.

La meilleure preuve que nous puissions donner de la non-homogé-

(1) M. LE COUPPEY DE LA FOREST, *Étude des sources des vallées de l'Yonne et de la Cure. — Premier rapport*. Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris. Travaux des années 1900 et 1901 sur les eaux de sources alimentant la ville de Paris, p. 596.

(2) M. LE COUPPEY DE LA FOREST, *Étude des sources des vallées de l'Yonne et de la Cure. — Deuxième rapport*. Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris. Travaux de l'année 1902 sur les eaux d'alimentation et les eaux d'égouts de la ville de Paris, p. 267.

néité de ces terrains, c'est que l'eau souterraine ne s'y déplace pas en nappe uniforme et que, pour se rendre d'un point à un autre, elle a souvent différents trajets souterrains à sa disposition. Il lui arrive parfois de prendre simultanément plusieurs de ces trajets.

C'est ainsi que, lors de certaines de nos expériences de coloration, nous avons noté que les sources observées ont été atteintes par deux flots consécutifs de fluorescéine, espacés l'un de l'autre de 4 à 50 heures et durant chacun pendant plusieurs heures (1).

D'autre part, les sources de l'Yonne et de la Cure offrent souvent des régimes d'une variabilité extrême. C'est ainsi que la source du Bief à Druyes débite 2,000 litres à la seconde en saison humide et descend à 60 litres, si ce n'est à 5, en saison sèche.

Ces sources sont donc bien des sources à régime vauclusien, provenant d'eaux ayant circulé dans des terrains jurassiques de perméabilités très différentes, et les résultats des expériences effectuées sur ces sources peuvent être rapprochés des observations faites par MM. Fournier et Magnin lors de leurs études hydrologiques dans le Jura.

Le tableau ci-joint résume toutes les expériences à la fluorescéine que nous avons eu l'occasion de faire jusqu'à ce jour sur ces sources.

Il résulte de l'examen de ce tableau que jamais, lors de nos expériences sur les sources en question, nous n'avons observé de vitesse de propagation de la fluorescéine inférieure à 1 kilomètre par jour. Bien au contraire, les chiffres trouvés pour ces vitesses oscillent toujours entre 1 et 7 kilomètres par jour.

Mais il y a lieu de faire une remarque à propos de ces chiffres : ils sont en réalité toujours inférieurs à la valeur absolue des vitesses et ils s'en écartent d'autant plus que le point où la fluorescéine a été déversée était moins absorbant.

Pour calculer la vitesse de propagation souterraine de la fluorescéine, nous nous contentons, en effet, d'évaluer le rapport

$$v = \frac{D}{T},$$

dans lequel

D = la distance à vol d'oiseau entre le point du jet de la matière colorante et le point de prélèvement de l'eau examinée;

T = le temps qui s'est écoulé depuis le jet de la fluorescéine jusqu'à la réapparition de celle-ci au point de prélèvement.

(1) M. LE COUPPEY DE LA FOREST. *Deuxième rapport*, pp. 262, 286 et 287.

Numéro de l'expérience.	Date de l'expérience.	Nom de l'expérience.	Expérience faite dans un :	Quantité d'eau absorbée par le bêtoire ou le lit poreux lors de l'expérience.	Nature lithologique des terrains traversés.	Age géologique des terrains traversés.	Vitesse de propagation de la fluorescéine		Distance parcourue par la fluorescéine en mètres.
							à l'heure en mètres.	par jour en mètres.	
1	10 mars 1902.	Petit-Banny.	lit poreux.	20 litres à la seconde sur 300 mètres de long.	Calcaires fendillés, li- thographiques; cal- caires largement fissurés.	Séquanien, Raura- cien, Oxfordien.	176 262 987 276 271	4,224 6,168 6,868 6,254 6,504	6,000 8,400 44,550 41,600 41,650
2	28 mars 1902.	Vau-Protz.	lit poreux.	4-5 litres à la minute sur 80 mètres de long.	Calcaires lithogra- phiques de Vermenton.	Rauracien.	150	3,600	3,000
3	4 avril 1902.	Les Goulettes.	bêtoire.	300-400 litres à la seconde.	Calcaires largement crevassés.	Bathonien.	4,000	24,000	1,250
4	4 avril 1902.	Pourly.	bêtoire.	3-4 litres à la seconde.	Calcaires légèrement marneux, compacts; calcaires lithogra- phiques de Vermen- ton.	Oxfordien, Rauracien.	105	2,520	7,200
5	13 avril 1902.	Joux-la-Ville.	lit poreux.	5-8 litres à la minute sur 300 mètres de long.	Calcaires compacts, légèrement mar- neux; calcaires litho- graphiques de Ver- menton.	Oxfordien, Rauracien.	103	2,472	10,240

6	15 avril 1902.	Fontenay-sur-Fouronnes.	lit poreux.	7-8 litres à la seconde sur 2 hectares de superficie.	Calcaires lithographiques de Mailly-la-Ville; calcaires lithographiques de Vermenton.	Séquanien, Rauracien.	47 48 68 83	4,028 1,052 1,632 1,992	4,750 4,800 5,120 6,000
7	23 avril 1902.	Vellery.	bétoire.	1 litre à la minute.	Calcaires fendillés, lithographiques, légèrement fissurés.	Séquanien, Rauracien, Oxfordien.	59 113	4,446 1,722	7,360 7,820
8	29 avril 1902.	Nangis.	bétoire.	5-6 litres à la seconde.	Calcaires fissurés du Barrois.	Argiles et sables panachés, Portlandien.	240 246	5,760 5,890	2,880 2,920
9	1 ^{er} mai 1902.	Dordres.	bétoire.	1-2 litres à la seconde.	Calcaires fissurés.	Bathonien.	123 151 151	2,952 3,024 3,624	1,600 2,880 2,930
10	6 mai 1902.	Chevroches.	lit poreux.	3-5 litres à la seconde sur 150 mètres de long.	Calcaires légèrement marneux, compacts; calcaires fissurés.	Oxfordien, Rauracien.	180	4,320	1,980
11	9 mai 1902.	Courson.	lit poreux.	2 litres à la seconde sur 200 mètres de long.	Calcaires lithographiques de Mailly-la-Ville; calcaires lithographiques de Vermenton.	Séquanien, Rauracien.	76 79	1,824 1,896	12,800 13,280
12	2 août 1902.	Vaux.	courant souterrain.	Impossible à jauger.	Calcaires fissurés.	Séquanien.	100	2,400	300
13	1 ^{er} avril 1903.	Charentennay.	lit poreux.	5 litres à la seconde sur 1 are.	Calcaires fissurés et lithographiques.	Séquanien.	122 114 124	2,828 2,736 2,976	3,840 8,640 8,560
14	1 ^{er} avril 1903.	Chitry.	lit poreux.	3 litres à la minute sur 100 mètres.	Calcaires fissurés et lithographiques.	Séquanien.	292	7,008	5,840

Numéro de l'expérience.	Date de l'expérience.	Nom de l'expérience.	Expérience faite dans un :	Quantité d'eau absorbée par le bétoire ou le lit poreux lors de l'expérience.	Nature lithologique des terrains traversés.	Age géologique des terrains traversés.	Vitesse de propagation de la fluorescence		Distance parcourue par la fluorescence en mètres.
							à l'heure en mètres.	par jour en mètres.	
1	10 mars 1902.	Petit-Banny.	lit poreux.	20 litres à la seconde sur 500 mètres de long.	Calcaires fendillés, lithographiques; calcaires largement fissurés.	Séquanien, Rauracien, Oxfordien.	176 262 287 276 271	4 224 6,168 6,868 6 254 6,504	6,000 8 400 11 550 11,600 11,650
2	28 mars 1902.	Vau-Protz.	lit poreux.	4-5 litres à la minute sur 80 mètres de long.	Calcaires lithographiques de Vermenton.	Rauracien.	150	3,600	3,000
3	4 avril 1902.	Les Goulettes.	bétoire.	300-400 litres à la seconde.	Calcaires largement crevassés.	Bathonien.	1,000	24,000	1,250
4	4 avril 1902.	Pourly.	bétoire.	3-4 litres à la seconde.	Calcaires légèrement marneux, compacts; calcaires lithographiques de Vermenton.	Oxfordien, Rauracien.	105	2,520	7,200
5	13 avril 1902.	Joux-la-Ville.	lit poreux.	5-8 litres à la minute sur 300 mètres de long.	Calcaires compacts, légèrement marneux; calcaires lithographiques de Vermenton.	Oxfordien, Rauracien.	103	2,472	10,240
6	15 avril 1902.	Fontenay-sur-Fouronnes.	lit poreux.	7-8 litres à la seconde sur 2 hectares de superficie.	Calcaires lithographiques de Mailly-la-Ville; calcaires lithographiques de Vermenton.	Séquanien, Rauracien.	47 48 68 83	1 028 1 052 1 632 1 992	4 750 4 800 5 120 6 000
7	23 avril 1902.	Vellery.	bétoire.	1 litre à la minute.	Calcaires fendillés, lithographiques, largement fissurés.	Séquanien, Rauracien, Oxfordien.	59 113	1 416 1 722	7 360 7 820
8	29 avril 1902.	Nangis.	bétoire.	5-6 litres à la seconde.	Calcaires fissurés du Barrois.	Argiles et sables panachés, Portlandien.	240 246	5 760 5 890	2 880 2 920
9	1 ^{er} mai 1902.	Dordres.	bétoire.	1-2 litres à la seconde.	Calcaires fissurés.	Bathonien.	123 151 151	2 952 3 624 3 624	1 600 2 880 2 950
10	6 mai 1902.	Chevroches.	lit poreux.	3-5 litres à la seconde sur 150 mètres de long.	Calcaires légèrement marneux, compacts; calcaires fissurés.	Oxfordien, Rauracien.	180	4 320	1,980
11	9 mai 1902.	Courson.	lit poreux.	2 litres à la seconde sur 200 mètres de long.	Calcaires lithographiques de Mailly-la-Ville; calcaires lithographiques de Vermenton.	Séquanien, Rauracien.	76 79	1 824 1 896	12 800 13 280
12	2 août 1902.	Vaux.	courant souterrain.	Impossible à jauger.	Calcaires fissurés.	Séquanien.	100	2,400	300
13	1 ^{er} avril 1903.	Charentennay.	lit poreux.	5 litres à la seconde sur 1 are.	Calcaires fissurés et lithographiques.	Séquanien.	122 114 124	2 828 2 736 2 976	3 840 8 640 8 560
14	1 ^{er} avril 1903.	Chitry.	lit poreux.	3 litres à la minute sur 100 mètres.	Calcaires fissurés et lithographiques.	Séquanien.	292	7,008	5 840

Mais ce temps T ne représente pas le temps l'exact mis par la fluorescéine pour effectuer son trajet. Car T doit se diviser en deux :

$$T = t_i + t_u,$$

dans lequel :

t = le temps employé par la fluorescéine pour s'infiltrer et traverser la couche de terrain qui sépare la surface du sol du niveau auquel circule l'eau souterraine;

t_u = le temps vraiment utilisé par la fluorescéine pour se rendre depuis le point où elle a atteint le niveau d'eau souterrain jusqu'au point de prélèvement.

La valeur réelle de la vitesse de propagation souterraine de la fluorescéine est alors donnée par la formule

$$V_r = \frac{D}{t_u} = \frac{D}{T - t_i},$$

qui montre que la vitesse réelle est toujours supérieure à la vitesse calculée

$$V = \frac{D}{T_i},$$

et la différence entre la vitesse réelle et la vitesse calculée est donnée par la formule

$$V_r - V = D \frac{t_i}{T t_u},$$

qui prouve que la différence entre ces vitesses s'accroît quand t_i augmente. Nous ne connaissons pas, il est vrai, la valeur de t_i , mais il est évident que t_i doit varier en raison inverse de la perméabilité du sol au point où la fluorescéine a été jetée. Par suite, la vitesse réelle de propagation de la fluorescéine est toujours supérieure à la vitesse calculée et s'en écarte d'autant plus que le sol est moins perméable là où la matière colorante est déversée.

Or, parmi nos expériences, les plus nombreuses ont été effectuées soit dans des bétoires très faiblement absorbants, soit dans des lits poreux de ruisseaux. Il s'ensuit que les valeurs données pour les vitesses de propagation de la fluorescéine sont pour la plupart très inférieures aux valeurs réelles de ces vitesses et s'en éloignent beaucoup plus pour ces expériences que pour celles qui ont été faites dans des bétoires à grand pouvoir absorbant.

Un autre fait d'observation vient à l'appui de ce que nous avançons. Dans certaines expériences où la fluorescéine a été jetée dans des lits poreux et dans lesquelles il y a eu plusieurs points de prélèvement, telles que l'expérience du Petit-Banny (expérience n° 1 du tableau) et l'expérience de Fontenay-sous-Fouronnes (expérience n° 6), on remarque que plus les points de prélèvement étaient éloignés du point de déversement de la solution colorante, plus la vitesse calculée a été trouvée grande. Ce fait s'explique aisément. La vitesse est en effet calculée par la formule

$$v = \frac{D}{T} = \frac{D}{t_i + t_u}.$$

Or, pour une même expérience, t_i est constant, tandis que t_u varie sensiblement proportionnellement à D . Si l'on pose $t_u = KD$ (K étant une constante indéterminée), l'équation précédente peut s'écrire sous la forme :

$$v = \frac{D}{t_i + KD} = \frac{1}{\frac{t_i}{D} + K},$$

qui montre que pour une même expérience la vitesse calculée doit varier en raison directe de la distance.

Il résulte de ces diverses considérations que les vitesses données sur le tableau précédent sont loin d'être toutes voisines de la véritable vitesse de propagation de la fluorescéine sous terre, et que celle-ci, pour les terrains jurassiques de la région dite de l'Yonne et de la Cure, doit être regardée comme toujours égale au moins à 5 ou 4 kilomètres par jour.

Il n'en est pas moins vrai toutefois, ainsi que le disent MM. Fournier et Magnin, que la fluorescéine éprouve dans sa marche souterraine un certain retard par rapport à l'eau qui la véhicule. Ce retard, dans certains cas spéciaux et dans certains terrains particuliers, doit être la cause de l'extrême lenteur de propagation signalée par MM. Fournier et Magnin. La fluorescéine, en effet, malgré son extrême puissance de diffusion, ne s'écoule pas aussi vite que l'eau dans laquelle elle a été déversée. Si même le courant de l'eau n'est pas très rapide, elle a toujours tendance à se déposer quelque peu.

Plusieurs faits d'expérience mettent ce phénomène en évidence. MM. Fournier et Magnin ont déjà cité ce qui se passe quand on colore

des ruisseaux superficiels : la fluorescéine reste toujours en retard sur les matériaux en suspension ou sur les particules flottantes.

Pour notre part, nous citerons un autre fait qui prouve cette tendance de la fluorescéine à s'accumuler dans les points bas : c'est celui qui se produit quand on vient à déverser une dissolution de fluorescéine dans un ruisseau à faible débit dans le lit duquel, en aval du point du jet, est aménagée une mare ou toute autre excavation dont le cube est important par rapport au débit du ruisseau.

Au début, la fluorescéine s'étale dans la fosse, se mélange plus ou moins intimement à l'eau de cette dernière, et au bout d'un certain temps la coloration est visible dans l'eau du ruisseau à la sortie du réservoir.

Mais si on n'agite pas l'eau de la fosse, peu à peu l'eau colorée, en vertu de sa plus grande densité, descend dans les parties profondes de l'excavation, si bien que 24 ou 48 heures après qu'on a cessé le déversement de la fluorescéine dans le lit du ruisseau, une grande quantité de cette substance se trouve déposée sur la paroi inférieure de la fosse : l'eau du ruisseau qui entre non colorée dans le réservoir en sort également non colorée. Même au fluoroscope, on n'y aperçoit pas trace de fluorescéine, quoiqu'il reste des masses relativement importantes de cette substance en réserve dans le fond de la fosse.

Voyons alors par analogie ce qui se passera s'il y a de grandes cavités souterraines interposées sur le parcours d'un filet d'eau souterrain et si l'on vient à colorer ce filet par le déversement d'une solution de fluorescéine en amont de ces cavités. Au début de l'expérience, l'eau du filet sera colorée en aval des cavités pendant un certain temps. Puis, peu à peu, la fluorescéine se déposant, la coloration cessera d'être perceptible. Mais si plus tard il survient, par suite de chutes pluviales intenses, un brusque flux souterrain dans les cavités, l'eau sera brassée dans ces dernières et le filet sera de nouveau coloré à sa sortie.

Il nous a été donné d'observer des faits de ce genre dans une de nos expériences.

Le 1^{er} mai 1902, nous avons jeté de la fluorescéine dans un bétoire situé à Dordres (expérience n° 9 du tableau précédent). Plusieurs puits de la localité furent colorés du 1^{er} au 3 mai. La coloration cessa. Le 17 mai, il tomba une pluie abondante (11^{mm},8). Les puits furent de-rechef colorés pendant cinq jours, et le même fait se reproduisit après une chute pluviale de 15 millimètres survenue le 30 mai et une autre de 14 millimètres arrivée le 7 juin.

Les cavités jouent donc un rôle considérable dans la propagation

souterraine de la fluorescéine par le retard qu'elles apportent dans la marche de cette substance par rapport à celle de l'eau. Ce retard sera très différent suivant les cas, suivant l'importance des cavités souterraines et suivant la nature des terrains traversés.

La question de savoir si ce retard est plus grand pour la fluorescéine que pour d'autres substances tenues en suspension dans l'eau, telles que la levure de bière, ou dissoutes dans l'eau, telles que le sel marin, semblerait élucidée par la communication de MM. Fournier et Magnin. Nous ne saurions toutefois adopter sans de très formelles réserves les conclusions de cette communication. Nous croyons surtout qu'il ne faut pas se hâter de généraliser.

Nous ne pouvons, il est vrai, citer aucune expérience personnelle dont nous puissions mettre les résultats en regard de ceux obtenus par MM. Fournier et Magnin, les expériences que nous devons entreprendre, tant au moyen de la levure de bière qu'au moyen du sel marin, dans la région de l'Yonne et de la Cure n'ayant pu être encore effectuées par suite de diverses circonstances. Mais nous pouvons nous reporter à celles auxquelles ont procédé M. le Dr Miquel et M. Dienert dans les régions de la Vanne et de l'Avre.

Si nous prenons, par exemple, l'expérience effectuée au ru de la Fontaine à l'Érable (région de la Vanne), nous voyons que la levure de bière a mis 168 heures pour parvenir à la source de Cérilly (1), alors que la fluorescéine, à quelques jours d'intervalle, et sans qu'il fût tombé de chute pluviale appréciable, n'avait mis que 69 heures pour effectuer le même trajet (2).

De même, dans la région de l'Avre, lors de l'expérience de Chennebrun, la levure de bière avait mis respectivement 137, 150 et 150 heures pour gagner les sources de Blaou, de Foisy et d'Erigny (3), alors que la fluorescéine n'avait mis que 106, 108 et 105 heures pour gagner les mêmes sources.

Nous pourrions multiplier les citations de ce genre, établissant que,

(1) MIQUEL, CAMBIER, MOUCHET, *Études de la Vanne. Recherches sur la communication directe des sources de la Vanne captées pour la ville de Paris, avec les cours d'eau superficiels et les nappes souterraines*. — Commission de Montsouris. Travaux des années 1899-1900, p. 346.

(2) ALBERT-LÉVY, *Études de la Vanne; Vallées de la Vanne et de l'Yonne; Communication entre les eaux superficielles, les eaux souterraines et les sources*. — Même volume, p. 298, graphique n° 2.

(3) F. DIENERT, *Études sur les sources de la ville de Paris captées dans la région de l'Avre*. — Commission de Montsouris. Travaux des années 1900-1901, p. 277.

dans les régions crayeuses de l'Avre et de la Vanne, et pour des expériences effectuées dans des saisons identiques au point de vue hydrologique, la levure de bière a toujours un retard sur la fluorescéine, retard important il est vrai, mais d'un tout autre ordre de grandeurs que le retard considérable de la fluorescéine sur l'amidon, noté par MM. Fournier et Magnin.

On pourrait objecter toutefois que ces citations ont trait à des expériences qui ont été faites dans des terrains à perméabilité homogène, quoique nous ne voyons pas l'influence que pourrait avoir l'homogénéité de la perméabilité sur le retard ou sur l'avance de l'arrivée de la fluorescéine par rapport à la levure de bière.

Mais si nous prenons les travaux effectués par M. Dienert sur le courant souterrain des Boscherons (1), là on ne pourra pas nous opposer qu'il s'agit de terrains à perméabilité homogène. Le courant souterrain des Boscherons est en effet une véritable rivière souterraine, qui circule dans une large diaclase de la craie. Il offre tous les caractères d'un courant vaclusien. Or, les expériences de M. Dienert, pratiquées avec du sel marin, ont toujours prouvé que le sel marin, déposé dans le lit de l'Iton, arrivait au courant des Boscherons avec une vitesse de propagation très notablement inférieure à celle de la fluorescéine (2).

Il semble par suite qu'il soit très difficile pour l'instant de poser les lois générales de propagation souterraine de la fluorescéine et qu'il faudrait étudier cette propagation terrain par terrain.

Mais avant de conclure, nous voudrions dire quelques mots sur certaines causes d'erreur qui peuvent se présenter lors des expériences à la fluorescéine et mettre en garde contre ces causes d'erreur ceux de nos collègues qui seraient désireux de faire de telles expériences et en particulier qui voudraient tenter de déterminer les lois de propagation de cette substance relativement à d'autres.

Nous voulons parler du danger qu'offre l'emploi de trop petites quantités de fluorescéine.

En théorie, on peut employer de très petits poids de cette matière, grâce à l'emploi du fluorescope, qui a été inventé par M. Trillat et que notre collègue, M. Marboutin, a perfectionné. Ainsi que

(1) F. DIENERT, *Loc. cit.*, p. 275.

(2) F. DIENERT, *Deuxième rapport sur le courant souterrain des Boscherons*. — Commission de Montsouris. Travaux de l'année 1902, p. 480.

M. Marboutin l'a exposé ici même (1), le fluorescope permet de déceler dans l'eau des traces de fluorescéine équivalentes au dix-milliardième. On pourrait être tenté, par suite, de n'employer que de très faibles quantités de matière colorante, quelques centaines de grammes seulement, et cela par une double raison : d'abord dans le but très louable de diminuer les dépenses lors des expériences, puis dans celui, très politique, de ne pas effrayer les populations par des colorations intempestives de leur eau de boisson ou même de leur eau de lavage.

Mais l'emploi de faibles quantités de fluorescéine présente de sérieux inconvénients. La fluorescéine est attaquée par les sels calcaires et décolorée par les acides. Si elle doit traverser une épaisseur de terrain assez considérable avant de parvenir au niveau souterrain auquel elle circule en définitive, et si elle doit fournir ensuite un long trajet souterrain à travers des formations calcaires, elle sera fortement influencée et en grande partie retenue par le sol ainsi que par le sous-sol, et la quantité qui atteindra les postes de prélèvement pourra être trop faible pour être décelable au fluorescope. Certaines expériences pourront alors donner faussement des résultats négatifs.

D'autre part, la fluorescéine, se diluant dans les cavités qu'elle traverse et s'y déposant, pourra, au début d'une expérience, arriver en trop faibles quantités aux sources pour que sa présence puisse être reconnue. Mais si subitement un grand afflux d'eau survient dans ces cavités et en chasse brusquement les réserves de fluorescéine qui s'y étaient emmagasinées, ces dernières pourront alors parvenir aux sources observées en masses telles que celles-ci soient colorées. N'ayant pas noté le premier passage de la fluorescéine, mais observant, au contraire, le second, on sera alors porté à attribuer à la vitesse de propagation de cette substance une valeur inexacte.

Un pareil fait a failli nous arriver dernièrement.

Le 1^{er} avril 1903, lors de l'expérience effectuée à Chitry (exp. n° 14 du tableau), nous avons employé 2 kilogrammes de fluorescéine, quantité grande si on la compare à la distance qui nous séparait de la source à étudier : 5 840 mètres. Nous fîmes effectuer des prélèvements à la source considérée. Les échantillons montrèrent dès le 2 avril au matin une coloration très intense au fluorescope, correspondant à une vitesse de propagation de 292 mètres à l'heure. Puis la

(1) F. MARBOUTIN, *Sur la propagation des eaux souterraines. Nouvelle méthode d'emploi de la fluorescéine.* (BULL. SOC. DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1901, p. 208.)

coloration cessa. Mais les 6 et 7 avril, il tomba de fortes pluies. Subitement, la coloration reparut le 9 avril à la source, mais cette fois si nette que la fluorescéine fut visible à l'œil nu dans toute la zone où le bassin sourcier avait 1^m,50 de profondeur. Ce second flux coloré ne correspondait plus qu'à une vitesse de propagation de 32 mètres à l'heure.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler plus haut de ce fait de deux flux d'eau colorée se présentant pour une même source dans certaines expériences. Mais tandis que nous avons attribué ceux que nous avons signalés précédemment à la diversité des chemins parcourus sous terre par la fluorescéine, nous croyons que celui-ci est plutôt imputable à la présence de grandes cavernes sur le trajet des filets d'eau colorée. Il convient, en effet, de remarquer que, dans cette expérience de Chitry, ces deux flux ne se présentèrent pas dans les mêmes conditions que dans les autres expériences où nous avons également constaté deux flux colorés.

Tandis que dans les expériences du Petit-Banny (exp. n° 1), de Vellery (exp. n° 7) et de Courson (exp. n° 11), les deux ondées n'avaient été séparées que de 26, 50 et 4 heures, et cela pour des distances de 11 600, 7 800 et 15 200 mètres, ici elles furent espacées de 168 heures, alors que la distance n'était que 5 800 mètres. D'autre part, dans les expériences 1, 7 et 11, le second flux n'avait coïncidé avec aucune chute pluviale, tandis que dans l'expérience de Chitry, il succéda directement à de grandes pluies. Il est par suite à penser que le second flux observé dans cette expérience tient à la présence de cavités souterraines qui avaient emmagasiné de grandes quantités de fluorescéine et qui tout d'un coup les abandonnèrent.

Quoi qu'il en soit de l'origine de ce second flux dans l'expérience de Chitry, il n'en reste pas moins évident que si, dans cette expérience, nous avons employé de faibles quantités de fluorescéine, le premier flux aurait passé inaperçu pour nous, nous n'aurions noté que le second et nous aurions attribué à la vitesse de propagation de la fluorescéine le chiffre 32 au lieu du chiffre 292.

CONCLUSION.

On voit d'après la communication de MM. Fournier et Magnin et d'après ce qui précède que les lois de propagation de la fluorescéine sont loin d'être uniformes, même pour des terrains où les réseaux souterrains sont également vaclusiens.

Tandis que, lors de l'étude hydrologique effectuée par MM. Fournier

et Magnin dans le Jura, la vitesse de propagation de cette substance était, en général, inférieure à 1 kilomètre par jour, elle est toujours égale, au moins, à 3 ou 4 kilomètres pour les terrains jurassiques à régime vaclusien de la région dite des vallées de l'Yonne et de la Cure.

Le retard de la fluorescéine par rapport aux autres substances ne semble pas non plus être constant, ni même définitivement démontré : le phénomène est en tout cas, dans les régions crayeuses alimentant la ville de Paris, inverse de celui constaté dans le Jura.

Il ne semble donc pas qu'on puisse, dès à présent, formuler les lois générales de la marche souterraine de cette substance et qu'il faille, au contraire, pour déterminer ces lois, procéder à de nombreuses expériences dans des terrains très différents au point de vue de leur constitution géologique et rechercher, lors de ces expériences, quelle peut être l'influence de ces terrains sur la conservation ou la destruction de la fluorescéine.

Ces diverses expériences devront, pour pouvoir être comparées, être non seulement effectuées dans des saisons analogues au point de vue hydrologique, mais autant que possible faites simultanément ; ainsi qu'on le sait depuis longtemps, et ainsi que M. Fournier l'a montré lui-même dans le cas de la source d'Arcier (1), le parcours des eaux souterraines est parfois très différent en saison sèche de ce qu'il est en saison humide.

Successivement, M. *Van den Broeck* donne connaissance à l'assemblée des lettres suivantes qu'il a reçues au sujet de l'intéressant problème de la vitesse des eaux souterraines et de la fluorescéine.

Note de M. Trillat.

Je n'ai pas d'observations particulières à faire, sauf les suivantes :
1° J'ai indiqué (*Mém. de l'Institut Pasteur*, 1899, p. 44) qu'il y avait lieu de toujours *filtrer* les eaux avant leur examen au fluoroscope ;

2° L'objection de M. Le Couppey (p. 10 de sa note) concernant l'emploi de petites doses de fluorescéine est peu fondée. Rien n'empêche d'employer des doses minimales de fluorescéine en employant le fluoroscope ;

(1) E. FOURNIER, *Sur le mode de propagation des eaux dans les calcaires*. (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 13 janvier 1902.)

3° Il est bon d'ammoniacaliser l'eau avant l'examen au fluore-scope (1);

4° Je serais fort heureux que votre recueil voulût bien donner un résumé du travail que j'ai fait paraître dans les *Annales de l'Institut Pasteur* et dont je vous ai envoyé un tiré à part; je crois cet exposé utile pour vos discussions;

5° Je désigne l'appareil sous le nom de fluorescope (de fluorescéine) et non de fluoroscope.

(s.) TRILLAT,

Chef de service à l'Institut Pasteur.

NOTA. — J'ai souligné dans ma Note sur la fluorescéine, publiée dans les *Annales de l'Institut Pasteur*, le passage où je recommande instamment de *filtrer*, le moindre trouble empêchant le jeu du dichroïsme de se produire.

Rien ne vaut la fluorescéine pour les recherches dont vous vous occupez, sauf peut-être la *fuchsine acide*, dans des cas tout à fait exceptionnels.

Il est décidé par l'Assemblée, à la suite de la demande ci-dessus, que le travail de M. Trillat, publié dans les *Mémoires de l'Institut Pasteur* (*Note sur la fluorescéine*), sera inséré *en entier* et annexé au procès-verbal de la séance.

Extrait d'une lettre de M. le professeur Fournier.

Après avoir fourni, en réponse à diverses demandes de renseignements, quelques données sur le mode opératoire permettant de déceler pratiquement la présence de l'amidon, du sel et des levures, M. Fournier annonce qu'il continue ses études sur les différences de vitesse de propagation des diverses substances employées, mais qu'il n'a pu jusqu'ici reconnaître les causes de ces différences.

Il ajoute ensuite :

« Dans l'expérience de la levée des vannes, il faut tenir compte de

(1) Cette précaution n'est toutefois nullement nécessaire avec les qualités de fluorescéine généralement employées en France et qui sont rendues complètement solubles; telles les qualités fournies, en vue d'expériences de l'espèce, par la Société des produits chimiques et matières colorantes de Saint-Denis, 105, rue Lafayette, à Paris, et par la Société nationale de produits chimiques, 50, rue des Écoles, à Paris.

(Note du Secrétariat.)

la propagation du *mouvement ondulatoire*, qui est non seulement plus rapide que le mouvement de propagation d'une solution, mais plus rapide que le mouvement moléculaire de l'eau elle-même sous l'influence du courant.

» Cette propagation ondulatoire peut, en certains cas, troubler des eaux décantées dans des réservoirs souterrains et faire apparaître un trouble aux résurgences, bien avant que les eaux troublées de la surface n'y soient parvenues.

» Des expériences simultanées avec l'amidon, le sel et la fluorescéine vont être entreprises par moi incessamment; jusqu'ici, ces expériences ont été faites à des *époques différentes* (1), mais les variations entre deux expériences à la fluorescéine exécutées en grandes et en basses eaux *n'ont jamais été aussi considérables que celles qui existent entre deux expériences faites l'une avec le sel, l'autre avec la fluorescéine, toutes deux exécutées en eaux moyennes.* »

Note de M. Putzeys.

M. E. Van den Broeck, notre zélé Secrétaire général, ne s'est pas simplement borné à demander aux personnes qu'il estime spécialement compétentes en la matière, leur avis sur les conclusions de MM. Fournier et Magnin; désireux de savoir si les expériences étaient comparables entre elles, il s'est adressé à l'un des auteurs de la note, M. Fournier, et lui a demandé si les conditions dans lesquelles les expériences qui servent de base à ses conclusions sont comparables.

Nous venons d'entendre la réponse de M. Fournier.

Je regrette d'être amené à dire que l'interprétation à donner à la lettre de M. Fournier n'est pas du tout celle à laquelle, en bonne logique, on devrait s'arrêter. On devrait pouvoir conclure de cette lettre : Les expériences ont été faites le même jour, du moins à intervalles suffisamment rapprochés pour éviter des causes d'erreur.

Nous savons, en effet, que rien n'est capricieux comme le régime des eaux souterraines en terrain calcaire; qu'il suffit d'un orage, d'une pluie, d'une manœuvre de vanne dans un bief d'usine, de moulin,

(1) Cette déclaration est en contradiction avec un énoncé fourni par une lettre antérieure de M. le Prof^r Fournier à M. Van den Broeck, énoncé auquel il est fait allusion dans l'analyse de la Note de MM. Fournier et Magnin présentée par M. Van den Broeck. Il semble y avoir eu malentendu entre la donnée d'une *même époque* de l'année et celle de la notion d'*années différentes* : ce qui est le cas des expériences en discussion, qui n'étaient donc nullement comparables. (Note du Secrétariat.)

d'une modification dans la distribution d'eau d'irrigation, pour travestir une situation que l'on croyait avoir bien déterminée.

Je n'ai donc pas à insister sur la portée précise que l'on devrait pouvoir attribuer aux termes d'une lettre, venant à l'appui d'une note d'allure scientifique, qui renseigne comme fait acquis (pour une région calcaire tout au moins) des faits déconcertants.

Si la science amène de perpétuelles surprises, s'il est bien des choses qui, d'abord niées, se sont trouvées rigoureusement vraies par la suite, encore faut-il que quand des faits paradoxaux sont énoncés, ils s'appuient sur des données positives.

Ce n'est pas le cas ici; si je suis tenté de croire que MM. Fournier et Magnin, dans la chaleur de leurs recherches, se sont laissés entraîner trop loin, je dois, dans l'intérêt de la science, montrer ce que, dans sa première lettre, mentionnée page 246, M. Fournier nomme des conditions semblables pour des expériences qu'il reconnaît aujourd'hui avoir été faites à des époques différentes.

La note déposée en séance de l'Académie des sciences dit que la source d'Arcier, dans l'expérience Jeannot, a témoigné de la présence du sel marin après neuf heures trente minutes au lieu des nonante-deux heures qui s'écoulaient avant l'apparition de la fluorescéine.

Or, si l'on ouvre le travail de M. Fournier sur « les sources et les résurgences du Franc-Comtois », on voit que ces expériences ont été faites à huit ans d'intervalle!

Je dois confesser, Messieurs, que j'ai dû comparer les textes à plusieurs reprises avant de pouvoir me pénétrer de l'idée que les conclusions de la note à l'Académie des sciences étaient basées sur des phénomènes relevés par des expérimentateurs différents, à plusieurs années de distance...

Nous n'avons pas à regretter le temps que nous avons consacré à une discussion en soi fort puérile, puisque nous combattons des moulins à vent; le trop grand empressement de MM. Fournier et Magnin nous a valu, en effet, la lecture d'une série de notes du plus haut intérêt, comme suite à l'appel de notre savant Secrétaire général.

Mais il y a désormais, pour toute personne ayant étudié le mode de circulation si imprévu, si fantasque, serait-on tenté de dire, des eaux dans les calcaires, il y a, dans le travail de MM. Fournier et Magnin, une juxtaposition de faits tellement inconciliables que la plus extrême bienveillance ne parviendra pas à sauver leurs conclusions du naufrage.

Extrait d'une lettre de M. Le Couppey de la Forest.

« Pour ce qui regarde les substances en suspension, elles ne marchent guère plus vite que la fluorescéine quand le courant de l'eau est rapide et que la fluorescéine est bien mélangée à l'eau. Mais si l'eau colorée entre dans une mare pour ainsi dire dormante, l'eau colorée gagne les profondeurs de la mare, en vertu de sa plus grande densité, tandis que les substances en suspension flottent à la surface. Elles peuvent sortir alors de la mare avant l'eau colorée, suivant les courants qui les entraînent. C'est du reste une expérience très simple à faire. »

Extrait d'une lettre de M. le Prof^r Max Lohest.

« Je ne puis m'expliquer les résultats négatifs de certaines expériences à la fluorescéine que j'ai faites dans les calcaires carbonifères sans invoquer, ou une circulation très lente des eaux colorées, ou un dépôt de la fluorescéine en cours de route.

» Je suis partisan d'employer de grandes quantités de fluorescéine, surtout après une première expérience négative.

» Au point de vue de la possibilité de contamination, les expériences à la fluorescéine ne fournissent qu'une première indication.

» Elles doivent être complétées par d'autres expériences : à la levure de bière, par exemple. »

Note de M. E.-A. Martel.

Bien que MM. Fournier et Magnin soient d'excellents observateurs et de hardis pionniers souterrains, — que je me félicite d'avoir lancés dans les recherches spéléologiques, — je ne puis admettre leur dernière note *sans les plus formelles réserves, car certaines de leurs conclusions tout au moins sont prématurées.*

Au contraire, je ne puis que souscrire intégralement à la *plupart* des remarques et conclusions de M. Le Couppey de la Forest.

Depuis 1896, j'étudie la marche de la fluorescéine dans les eaux tant souterraines qu'extérieures, et j'ai dû faire à ce sujet près de deux cents expériences.

Je n'en ai pas encore coordonné les résultats, parce que, pour moi, *la question n'est pas au point*; j'espère l'y mettre cette année par une dernière série d'expériences.

Comme le dit M. Le Couppey et comme je l'ai déjà imprimé plusieurs fois (*Les Abîmes*, 1894, p. 555, — *Annales des Mines*, juillet 1896, p. 167, — *Spelunca*, 1898, p. 158, — *La Spéléologie*, 1900, p. 81) : « ce chapitre encore est des plus incomplets... et les vitesses varient en fonction du volume d'eau, de la pente et des obstacles souterrains (rétrécissements, éboulements, siphonnements, bassins de retenue, etc.) qui retardent l'écoulement, diminuent la section en multipliant les frottements. »

Le mois dernier, j'ai fait à Padirac une expérience des plus instructives, que j'ai moi-même suivie deux jours, et qui a été ensuite observée pendant quinze jours sur un parcours intérieur de 1 kilomètre, particulièrement bien varié et approprié. J'en déduis en ce moment les résultats pour les communiquer incessamment à l'Académie des sciences et vous en ferai part ultérieurement.

Comme limites extrêmes, j'ai pu constater des minima de moins de 10 mètres à l'heure et des maxima de plus de 1 kilomètre A L'HEURE au cours de mes diverses recherches.

Jusqu'à présent, les expérimentateurs ont observé le temps entre la perte et la réapparition ; il faut aussi — et c'est ce que j'ai fait et continuerai de faire — suivre la marche sous la terre même dans les rivières souterraines où cela est possible.

Le retard de la fluorescéine, *visible à l'œil nu*, par rapport à la marche moyenne de l'eau est réel, mais bien difficile à apprécier ; on devra chercher les moyens de le préciser. De même pour la remise en marche par les crues.

Il est évident que la nature diversifiée des terrains change les conditions du phénomène.

Il importe d'employer des quantités assez notables de substance, même si l'on se sert du fluorescope, de façon à assurer une *coloration* très abondante.

Quant au retard de la fluorescéine sur l'amidon, le sel, etc., c'est une assertion contraire à tous les faits que je connais, et il faudrait que MM. Fournier et Magnin, avant d'émettre cette trop hâtive conclusion, l'appuyassent sur des chiffres empiriques précis.

En résumé, il faut remettre toute généralisation à plus tard, continuer et multiplier les expériences, raisonner et interpréter les résultats de chacune d'elles. Et quand elles seront suffisamment nombreuses, on pourra tenter — ce que je me réserve de faire dans un travail d'ensemble en préparation — de formuler quelques règles ou lois générales sur ce sujet.

Pour le moment, la devise doit être : *festina lente*. Sinon la précipitation engendrera des erreurs.

Extrait d'une lettre de M. Imbeaux.

« Je n'ai pas d'expériences à vous citer pour la question qui vous intéresse, ou plutôt je n'ai que des expériences négatives.

» Nous avons, à plusieurs reprises, jeté des quantités énormes de fluorescéine dans un ruisseau qui rentre sous terre à 1 kilomètre environ à l'amont de notre galerie de captage souterrain de la Forêt de Haye, au-dessus de Nancy (calcaire bajocien). Mais nous n'avons pu en trouver aucune trace dans l'eau captée : et cependant c'est la même eau qui nous revient, mais sans doute elle se filtre dans les détritiques qui remplissent les fissures du calcaire.

» La preuve en est que plusieurs analyses bactériologiques nous donnent de l'eau à peu près aseptique. On pouvait aussi se demander si le contact du calcaire ne détruit pas la fluorescéine.

» Nous en avons toutefois mis de telles quantités que cela n'est pas probable. Nous sommes heureux de ce résultat négatif, car nous avons ainsi toute chance d'avoir de l'eau très pure.

» Je crois, comme M. Le Couppey, qu'il n'y a pas de règle générale ni de vitesse fixe. Cela dépend du trajet compliqué et souvent contourné que l'eau doit faire dans les divers terrains ; et quels sont les terrains, même de semblable origine géologique, qui se ressemblent sous ce rapport ? »

Au sujet de cette dernière lettre, M. *Van den Broeck* annonce qu'il a demandé à son correspondant des renseignements complémentaires sur divers points qu'il lui paraît intéressant de préciser davantage dans cette communication, qui semble admettre une filtration suffisante des eaux dans un massif calcaire fissuré, et cela au sein d'un massif de peu d'étendue, cas qui paraît assez exceptionnel pour mériter une étude plus approfondie.

Note de M. Léon Janet.

Dans leur exposé relatif à la *vitesse d'écoulement des eaux souterraines*, MM. Fournier et Magnin arrivent à cette conclusion que, dans le Jura, la fluorescéine parcourt en général moins de 1 kilomètre par jour, et

chemine plus lentement que le sel, l'amidon, les particules argileuses et les bactéries.

Ils tirent en outre des formules usuelles de l'hydraulique cette conclusion que, par les grandes eaux, lorsque les galeries se remplissent complètement et que l'ensemble du système fonctionne comme une conduite en pression, *la vitesse s'accroît dans les portions dilatées.*

Il me paraît y avoir dans cette dernière affirmation une erreur évidente; le débit étant constant, la vitesse variera en raison inverse de la section et, par conséquent, *elle diminue dans les portions dilatées.*

Quant à la vitesse de propagation de la fluorescéine, les résultats énoncés pour le Jura par MM. Fournier et Magnin n'ont nullement le caractère de lois générales.

Tout d'abord, il y a lieu de remarquer que la craie, à travers laquelle circulent les eaux alimentant les sources de l'Avre, de la Vanne, du Loing et du Lunain, n'est pas, comme le disent MM. Fournier et Magnin, un terrain à perméabilité homogène. Sans doute les grandes cavernes sont beaucoup plus rares dans la craie que dans les terrains jurassiques, mais la propagation de la matière colorante s'effectue dans les diverses directions avec des vitesses très différentes, et l'on ne doit considérer comme terrains à perméabilité homogène que les sables.

Il est essentiel de faire remarquer, comme le dit M. Le Couppey de la Forest dans son intéressante communication, que les résultats obtenus sont faussés par le temps que met la matière à gagner la nappe ou les canaux souterrains. Lorsqu'on opère sur un bétroir engouffrant un grand volume d'eau, celle-ci arrive très rapidement à la nappe, mais il en est tout autrement quand l'expérience est faite dans un lit poreux faiblement absorbant.

Dans le bassin de Paris, les vitesses de propagation surpassent de beaucoup 1 kilomètre par jour.

Lorsqu'on observe deux flux successifs de fluorescéine, le phénomène peut être attribué, tantôt à des pluies chassant la matière colorante des cavités dans lesquelles elle s'était accumulée, tantôt à deux trajets souterrains différents.

Dans la craie, contrairement à ce qui semble se passer dans le Jura, la vitesse de propagation de la fluorescéine est plus grande que celle de la levure de bière et du sel marin.

Il est tout naturel de trouver de semblables divergences, parce que le régime des eaux souterraines est entièrement variable, suivant la nature des terrains dans lesquels elles circulent,

Dans les sables, les eaux souterraines forment des *nappes homogènes.*

Le débit d'un puits qu'on y creuse dépend principalement de la dépression produite.

Dans les calcaires très diaclasés, comme la craie, un puits trouve toujours de l'eau, quel que soit son emplacement, du moment qu'il descend au-dessous de la *surface piézométrique*, mais le débit est extrêmement variable avec la nature de la craie. Les eaux souterraines forment, en ce cas, des *nappes inhomogènes*.

Enfin, dans certains calcaires très compacts, il n'y a plus de surface piézométrique discontinue, et les eaux circulent dans des cavités souterraines de plus ou moins grandes dimensions. Les eaux souterraines forment alors non des *nappes*, mais des *canaux aquifères*.

Dans les deux premiers cas, la propagation de la fluorescéine peut être observée dans un grand nombre de puits et permettre la construction de *courbes isochronochromatiques*. Dans le dernier cas, la fluorescéine ne se propage que suivant un ou plusieurs canaux souterrains, et l'on ne peut guère la retrouver qu'aux points d'émergence.

En résumé, les résultats énoncés par MM. Fournier et Magnin pour le Jura ne doivent pas être généralisés, et, comme le dit M. Le Couppey de la Forest, de minutieuses observations, faites dans chaque région, sont seules susceptibles de donner les lois de propagation souterraine des divers réactifs employés pour les étudier.

Il est ensuite donné lecture de la note suivante envoyée par MM. Fournier et Magnin :

S U R

LA

PROPAGATION DES EAUX SOUTERRAINES

PAR

E. FOURNIER et A. MAGNIN.

Les résultats obtenus dans les intéressantes expériences signalées par M. Le Couppey de la Forest, et qui ont donné des vitesses de propagation beaucoup plus grandes que celles observées par nous dans le Jura, peuvent, à notre avis, s'expliquer facilement par des considérations géologiques. Les calcaires dans lesquels ont été faites les expériences de M. Le Couppey de la Forest sont, dit l'auteur, « tantôt divisés en petits bancs de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, tantôt déposés en lits compacts puissants de 1 mètre à 1^m,50 » ; en un mot, ce sont

des calcaires bien stratifiés et dans lesquels l'épaisseur de chaque strate est toujours faible et inférieure, d'après l'auteur, à 1^m,50.

Il s'ensuit que l'eau, empruntant successivement les diaclases et les joints, atteint les résurgences par gradins successifs multiples, ainsi que le montre le schéma ci-dessous (fig. 1.)

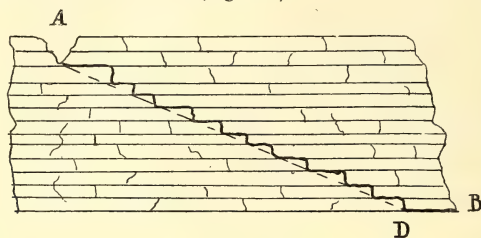


FIG. 1.

Nota. — La lettre C, qui manque sur la figure, doit se trouver sous la lettre A, et au sein du troisième banc figuré, à l'origine de la ligne pointillée.

Il résulte de la multiplicité des échelons que la pente entre la perte A et la résurgence B se trouve répartie sur une ligne C D, le long de laquelle la pente moyenne, bien que brisée par les échelons successifs, demeure néanmoins assez considérable (1). Dans les calcaires du Jura, auxquels s'appliquent nos expériences, les bancs compacts, sans joints de stratification, atteignent des épaisseurs allant de 10 à 50 mètres (voir fig. 2), de sorte que, depuis la perte, l'eau descend brusquement en trois ou quatre échelons verticaux jusqu'à un niveau N, à peine supérieur à celui de la résurgence R, et que le parcours N R s'effectue avec une pente presque nulle; la vitesse se trouve ainsi considérablement réduite.

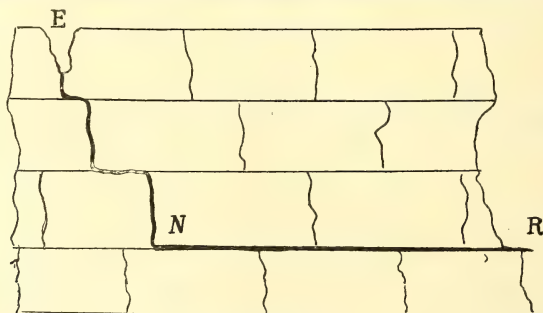


FIG. 2.

La faible valeur de la pente N R a été vérifiée par nous *de visu* dans de nombreuses explorations souterraines. Je citerai comme exemple le gouffre du Gros Godeau, pour lequel le parcours E N donne une

(1) Les échelons étant très rapprochés les uns des autres, il s'en suit que leur surface ne peut demeurer longtemps horizontale.

dénivellation de 80 mètres de verticale pour une soixantaine de mètres de projection horizontale, tandis que N R ne donne que 5 à 6 mètres de dénivellation pour environ 5 kilomètres de projection horizontale; le puits de la Belle Louise, où E N donne 115 mètres de dénivellation pour une centaine de mètres de projection et N R une vingtaine de mètres pour une dizaine de kilomètres; nous pourrions citer *des centaines* d'autres exemples; nous nous contenterons de renvoyer le lecteur aux n^{os} 21, 24, 27 et 29 du *Spelunca* et au n^o 89 du *Bulletin* du Service de la Carte géologique, où nous avons publié un grand nombre de coupes à l'échelle.

En outre, le volume des cavités souterraines des terrains de bordure du bassin de Paris (1) n'est pas comparable à l'immense volume de certaines cavités du Jura. Nos conclusions ne peuvent donc être appliquées qu'au Jura ou à des régions à constitution identique; nous n'avons d'ailleurs jamais eu l'intention de les généraliser davantage.

Elles reposent sur plus de CENT EXPÉRIENCES, qui ont toutes donné des RÉSULTATS CONCORDANTS et dont nous n'avons pu, limités par l'espace accordé aux auteurs, publier qu'une faible partie dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences.

Nous les publierons prochainement *in extenso*.

Nous avons fait aussi des expériences dans des conduites d'eau à diamètre constant, dans des canaux en ciment, des canaux en bois, etc.; la propagation a toujours été plus lente que la vitesse calculée sur les éléments connus (pente, pression, section), sans être cependant aussi lente que dans les réseaux vauclusiens.

Dans des terrains filtrants, sables d'alluvions et dans le Glaciaire, la vitesse a été encore bien plus faible que dans les galeries vauclusiennes. Dans les sables glaciaires, elle n'a fait que 0^m,80 en trois heures; dans des alluvions anciennes, elle n'a fait, dans une expérience, que 25 mètres par jour.

Nous sommes d'ailleurs persuadés que la vitesse n'est pas la même pour les diverses substances et qu'il intervient là des facteurs très complexes, dont l'action est encore loin d'être élucidée.

Nous avons tenu surtout à attirer l'attention sur l'inconvénient qu'il y aurait à considérer les expériences de coloration à la fluorescéine comme susceptibles de fournir des données exactes ou même comparables entre elles sur la vitesse réelle de la circulation souterraine; nous avons voulu montrer aussi que cette circulation est éminemment sujette à des variations brusques et d'une intensité considérable. Ces diverses considérations ressortiront d'une façon plus nette et plus

(1) Les sources de cette région sont aussi beaucoup plus rarement siphonnées.

précise de la lecture du mémoire détaillé que nous avons l'intention de publier et dont il nous était impossible de présenter tous les résultats dans la note condensée, et par suite forcément incomplète, présentée par nous à l'Académie des sciences.

Relativement à cette communication, M. le capitaine *Mathieu* relève le passage où les auteurs avancent que « dans les calcaires du Jura, les bancs compacts, sans joints de stratification, atteignant des épaisseurs allant de 10 à 50 mètres, l'eau descend brusquement en trois ou quatre échelons verticaux jusqu'à un niveau à peine supérieur à celui de la résurgence et que le parcours s'effectue ensuite avec une pente *presque* nulle; la vitesse se trouve ainsi considérablement réduite ».

Il fait remarquer que cette assertion est absolument contraire aux lois de l'Hydraulique, si l'on suppose que la différence de niveau et la distance horizontale entre la perte A et la résurgence B sont les mêmes dans les deux cas et si l'on admet une même section et une même pente pour les parties voisines de l'horizontale (voir le schéma I de la note ci-dessus). Une discussion s'élève ensuite, à laquelle prennent part MM. *Willems*, *Mathieu*, *Putzeys*, *Van den Broeck*, de laquelle il résulte que l'application que MM. Fournier et Magnin font des formules de Prony et de Darcy est complètement erronée (1). Ces formules sont établies pour des canalisations régulières et de section uniforme; elles ne donnent pas une « vitesse moyenne » comme le disent les auteurs, mais bien la vitesse d'écoulement de l'eau dans toutes les sections de la canalisation ou de la portion de canalisation considérée.

Il est du reste évident que la conclusion tirée de ces formules, mal comprises par les auteurs, est inexacte. Soit un réseau de galeries avec portions dilatées, tel qu'ils le supposent, et considérons le cas où, *aux grandes eaux*, les galeries se remplissent complètement et fonctionnent comme une conduite en charge. Il est clair qu'une fois le régime établi, il doit passer par chaque section du réseau le même volume d'eau pendant un même temps, ce volume correspondant au débit, c'est-à-dire au produit de la section par la vitesse. Ce produit étant constant pour un régime donné, il est clair que si la section augmente, la vitesse diminue.

(1) Il y a lieu de noter aussi que ces formules sont *inexactement reproduites* dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Il faut lire :

$$V = 53.58 \sqrt{\frac{D\delta}{4L} - 0.025} \text{ et } Q = \frac{\pi}{8} \sqrt{\frac{D^5\delta}{b_1L}}$$

au lieu de :

$$V = 53.58 \sqrt{\frac{DL}{4\delta} - 0.025} \text{ et } Q = \frac{\pi}{8} \sqrt{\frac{D^5\delta}{b_1}}$$

Nous ne croyons pas devoir insister sur ce point d'hydraulique élémentaire, la fausse interprétation des auteurs ne pouvant résulter que d'une inattention dont ils se seront déjà rendu compte sans doute.

M. le *capitaine Rabozée* donne lecture du travail ci-dessous :

ESSAI

SUR LA

PROPAGATION DES EAUX SOUTERRAINES

PAR

Félix MARBOUTIN

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Chef de la mission hydrologique du Val d'Orléans.

PLANCHE B DES PROCÈS-VERBAUX.

Lorsque l'on jette une solution de fluorescéine dans un canal découvert à mouvement permanent, on remarque :

1° Au point où s'est opéré le jet, la formation de veines liquides filamenteuses, d'une fluorescence verte, qui se répandent en tout sens en aval du point où s'est effectué le jet.

Quelques-unes de ces veines fluides paraissent gagner le fond et s'étaler entre deux eaux en couches plus ou moins ondulées; d'autres se propagent dans le sens de l'écoulement, un peu au-dessous de la surface; toutes s'épanouissent au fur et à mesure de leur avancement;

2° A plusieurs centaines de mètres en aval, on voit d'abord apparaître des veines filamenteuses entre deux eaux; puis les eaux du canal présentent un reflet vert à peu près uniforme, dont l'intensité passe rapidement par un maximum, puis décroît très lentement;

3° Lorsque le canal traverse une cavité importante par rapport à son débit, des phénomènes analogues se produisent; des veines liquides à reflet vert paraissent gagner le fond et s'y étaler, tandis que d'autres gagnent peu à peu l'orifice de sortie entre deux eaux, puis l'eau emmagasinée dans la cavité prend lentement un reflet vert uniforme.

Il peut arriver, si la cavité est assez vaste, que les eaux affluentes et effluentes ne paraissent plus fluorescentes, quoique la fluorescence verte soit encore visible dans les eaux emmagasinées dans la cavité.

Le passage d'une crue donne dans ce cas un nouveau flot de fluorescéine, qui est observable en aval dans les eaux effluentes.

Ces phénomènes sont le résultat *prévu* et *obligatoire* de l'écoulement des eaux en nappe libre.

Considérons, en effet, la section d'un canal découvert à mouvement permanent :

Les molécules d'eau de cette section qui ont la vitesse de propagation la plus élevée sont placées sur l'axe du canal à une certaine distance au-dessous de la surface libre et les vitesses décroissent de ce point vers les parois.

L'arrivée d'un flot d'eau colorée, jeté dans ce canal, cause des remous ; il se produit des veines filamenteuses qui se dispersent dans tous les sens, pendant que les molécules d'eau qui sont entraînées dans la région des vitesses maxima se déplacent dans le sens du courant. Ce n'est qu'après un temps très appréciable que l'homogénéité est rétablie ; tout se passe comme lorsqu'une crue d'un affluent arrive dans l'émissaire principal.

Si le canal découvert traverse une gare d'eau, un réservoir ou un élargissement brusque de section, des remous se produisent, un nouveau régime tend à s'établir ; il y a diffusion entre les substances dissoutes dans les molécules d'eau affluentes et les molécules d'eau de la section élargie, et pendant que les molécules fluides, qui sont dans la zone des vitesses maxima, gagnent la sortie, d'autres molécules gagnent le fond.

Ce sont les phénomènes que nous avons observés avec la fluorescéine.

Il arrive un moment où l'intensité de coloration des veines liquides affluentes sera moindre que l'intensité de coloration des molécules d'eau contenues dans le réservoir. Une diffusion en sens inverse de la précédente se produira, et il pourra arriver que les molécules effluentes ne présentent qu'une coloration assez faible pour passer inaperçue, tandis que les eaux du réservoir paraîtront encore colorées, la diffusion ne prélevant à chaque instant qu'une fraction de la matière colorante du réservoir ; le temps nécessaire pour décolorer le réservoir est théoriquement infini.

L'écoulement en conduit forcé présente des phénomènes du même ordre, quoique les lois de l'écoulement ne soient pas les mêmes.

Dans la circulation souterraine, les fissures, diaclases, canaux ou cavernes peuvent, suivant la hauteur du niveau piézométrique de la nappe, fonctionner alternativement comme des canaux découverts ou comme des conduites forcées. Le passage de l'un de ces états au second ne se fera pas, en général, brusquement ; mais les remous causés par

ces changements d'état seront toujours importants et entraîneront des phénomènes du même ordre que ceux que nous venons d'exposer.

L'étude de ces phénomènes présente de graves difficultés, et si cette étude, jusqu'aujourd'hui, a été conduite un peu au hasard, cela n'est dû qu'à l'incertitude qui existe toujours au début des nouvelles études scientifiques. L'hydrologie souterraine est une science expérimentale trop nouvelle pour qu'il en soit autrement.

On a proposé, pour suivre les eaux dans leur parcours souterrain, de leur adjoindre des corps que l'on peut facilement retrouver dans les résurgences. Les matières qui ont été soumises aux essais appartiennent à trois catégories :

1° Des substances susceptibles de flotter : balle d'avoine, de seigle, de blé, flotteurs de toutes formes et de toutes espèces;

2° Des matières pouvant rester en suspension dans l'eau pendant un temps assez long : flotteur lesté, amidon, micro-organismes (bacilles chromogènes, *Saccharomyces*, *Mycoderma aceti*);

3° Des matières solubles dans l'eau (sel de fer, chlorures, matières colorantes).

Du choix des substances à employer dans l'étude de la circulation souterraine.

Les substances qui sont susceptibles de rendre les meilleurs services paraissent devoir répondre aux conditions suivantes :

1° Être facilement entraînées par les eaux courantes ou faire corps avec elles;

2° Ne pas être contenues en quantité trop forte dans les eaux soumises à l'expérience;

3° Être très faciles à reconnaître;

4° Ne pas être altérées par un séjour plus ou moins long dans les diverses formations géologiques;

5° N'avoir pas un prix trop élevé.

Parmi les substances qui ont été proposées, seules les substances solubles dans l'eau répondent à ces conditions.

Les substances qui flottent ont l'inconvénient d'indiquer la vitesse superficielle, qui est moindre que la vitesse maximum, et elles sont retenues dans les parties siphonnantes. Elles ne sont utilisées scientifiquement que pour les jaugeages des cours d'eau superficiels.

Les substances en suspension ont des inconvénients moindres, elles tendent en général à se déplacer dans la zone des vitesses maxima;

mais elles sont susceptibles de se déposer dans les parties élargies et les lacs souterrains. Certaines de ces substances ont cependant été employées avec succès.

L'*amidon de pomme de terre* n'existe pas en général dans les eaux, il se reconnaît facilement au microscope en lumière polarisée, où chaque grain donne une croix noire, et la teinte bleue que lui communique l'iode en fait un auxiliaire précieux; mais ses grains ont des dimensions considérables (140 microns).

Il ne peut être utilisé que dans des cas très spéciaux où la vitesse de propagation est considérable.

Les micro-organismes ont été employés avec succès; on a proposé d'employer des bacilles chromogènes inoffensifs. M. le Dr Miquel, chef du service bactériologique, et M. Cambier, chef adjoint du service bactériologique à l'Observatoire de Montsouris, ont employé avec succès le *Saccharomyces cerivisiæ* (levure de bière) (8 à 9 microns) et le *Mycoderma aceti* (1.5 μ) pour les études des eaux de sources qui alimentent Paris.

La levure de bière a donné d'excellents résultats, mais elle exige l'étude préalable des eaux de sources pour s'assurer que ces eaux ne contiennent pas le *Saccharomyces* employé.

Le *Mycoderma aceti* est d'un emploi plus délicat; ce mycoderme existe, en effet, dans beaucoup d'eaux de source, il nécessite une étude plus complète que les *Saccharomyces*. Ces germes ont l'avantage de pouvoir se multiplier dans des bouillons de cultures appropriés; ils peuvent par suite être décelés à une dilution que peuvent difficilement atteindre les substances minérales solubles.

Les substances dissoutes paraissent résoudre le problème dans toute sa généralité. Si on introduit dans la nappe, à l'état de *mélange intime*, un volume d'eau renfermant une substance en solution, les molécules d'eau qui auront reçu une modification dans leur composition, chemineront, en se diffusant, il est vrai; mais la substance dissoute ne semble pouvoir arriver aux résurgences qu'avec les eaux qui ont été utilisées pour sa dissolution.

Ce phénomène a été expérimentalement mis en évidence par M. Th. Schloesing pour l'étude des dissolutions dans les sols :

« J'ai mouillé (1), dit-il, 1^{kg},2 de sable lavé et séché avec 200 centimètres cubes d'une solution de sel marin contenant 10 grammes de

(1) TH. SCHLOESING, *Contribution à l'étude de la chimie agricole*. Paris, Dunod, 1885, p. 125.

chlorure par centimètre cube ; j'ai introduit et tassé légèrement le sable dans une allonge cylindrique ; au-dessus j'ai étalé du coton mouillé, chargé de répartir également de l'eau pure, que j'ai débitée à raison de 40 centimètres cubes par heure. Le liquide chassé de l'allonge a été recueilli par lots de 10 centimètres cubes ; de trois en trois lots, on a dosé le chlore.

	3 ^e lot.	6 ^e lot.	9 ^e lot.	12 ^e lot.	15 ^e lot.	18 ^e lot.	21 ^e lot.	29 ^e lot.
	—	—	—	—	—	—	—	—
Chlore. . .	100.2	99.8	99.8	100	100	84	8	0

» On voit que les trois quarts au moins de la dissolution ont été déplacés sans mélange avec l'eau. »

M. Schlœsing ajoute que le sable n'a pas besoin d'être saturé d'eau : il peut exister des espaces libres entre les grains, le phénomène persiste.

« On se rend compte aisément de la manière dont se passe le phénomène. Qu'on divise le sable par la pensée en couches horizontales, très minces, et qu'on suppose que l'eau y descende par tranches parallèles. La couche supérieure abreuvée d'eau va céder à la suivante un premier mélange d'eau et de la dissolution saline ; la seconde cédera à la troisième un mélange un peu plus riche, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'une certaine couche reçoive de la précédente une dissolution dont la composition sera infiniment voisine de celle de la dissolution préexistante. A partir de cette couche, la portion de dissolution contenue dans les couches sous-jacentes sera simplement déplacée et chassée finalement hors du vase. »

Parmi les substances solubles, les sels de fer, les chlorures et les matières colorantes paraissent seuls avoir été employés.

Les sels de fer ont l'inconvénient de ne pas être assez stables.

Les chlorures se prêtent merveilleusement aux expériences, principalement le chlorure de sodium, qui paraît très bien résister aux agents de décomposition. Les gisements d'eaux géologiques chargées de sel, la prédominance du sel marin dans les eaux de la mer, nous montrent que ce corps est un des résidus ultimes de la désagrégation des roches, et qu'il est véhiculé sans altération au milieu des formations géologiques. Il est facile à déceler à l'aide du nitrate d'argent ; malheureusement, la présence normale du chlore dans les eaux exige un dosage exact au moyen d'une solution titrée d'azotate d'argent équivalente à 5^{gr},5 de chlore par litre, et du chromate de potasse comme indicateur.

Parmi les matières colorantes, la fluorescéine a été employée avec succès. M. Camille Vincent, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures de Paris, préconise cette substance depuis plus de vingt ans pour cet usage. M. Ferray, d'Évreux, l'a employée avec succès en 1882, pour les études des sources de la région de l'Avre et de l'Iton, et M. A. Trillat a montré (1) qu'elle résiste mieux aux agents de décomposition que les fuchsines neutres ou acides, le violet de Paris, le bleu de méthylène, le vert malachite, l'auranine, le rouge Congo, l'éosine, la safranine.

Nous préférons cette substance à toutes les autres, à cause de ses propriétés :

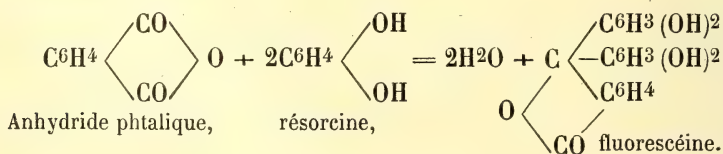
1° Elle est très facile à reconnaître à l'œil nu, sans avoir besoin de recourir à une manipulation, quelque simple qu'elle soit.

2° La visibilité seule permet de la distinguer de la coloration propre des eaux à condition, toutefois, que l'on mette en jeu la propriété fluorescente qui la caractérise.

3° Elle résiste d'une manière très suffisante aux agents de décomposition qu'elle rencontre dans le sous-sol. Dans nos expériences personnelles, dans celles de M. Fournier et de M. Le Couppey de la Forest, on a pu retrouver cette substance après un séjour de dix jours dans des sols crayeux ou calcaires.

4° Elle n'a pas pu être fixée sur les fibres textiles et, par suite, on n'a pas à craindre de la voir disparaître comme beaucoup de substances tinctoriales.

La fluorescéine que nous employons n'est pas la fluorescéine chimique, qui résulte de l'action de l'anhydride phtalique sur la résorcine à 195°-200°.

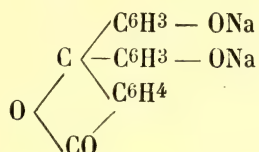


Cette substance (tétraoxyphtalophénone) est insoluble dans l'eau, mais si on la dissout dans un alcali potasse, soude ou ammoniacque,

(1) A. TRILLAT. *Sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche de l'origine des sources et des eaux d'infiltration*. (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, 13 mars 1899.) — Voir aussi dans les Annexes du présent procès-verbal la reproduction de l'étude de M. TRILLAT : *Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration*, publiée dans les ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, t. XVIII, pp. 444-451.

elle perd deux molécules d'eau et donne des composés stables solubles dans l'eau; ce sont les sels de la tétraoxyphthalophénone anhydride.

Le sel de soude que nous employons



est une substance solide d'une couleur jaune orange quand elle est pure et rouge-brun si elle contient des impuretés (excès d'alcali).

Ses solutions dans l'eau sont rouges par transparence et elles présentent, par réflexion, une belle FLUORESCENCE verte qui est caractéristique de la fluorescéine et qu'il ne faut pas confondre avec la coloration.

L'intensité de la fluorescence est telle qu'elle est encore visible à l'œil nu à la dilution du *deux cent millionième* et qu'elle peut être décelée au moyen de notre fluoroscope au *dix-milliardième*.

Emploi de la fluorescéine.

L'emploi de la fluorescéine est assez délicat; il ne donnera les résultats que l'on est en droit d'en attendre que si certaines précautions sont prises.

1° On désire connaître si une perte d'eau contribue à l'alimentation d'une source.

Il suffira de diluer un poids déterminé de fluorescéine dans l'eau et de la *mélanger intimement* avec l'eau qui se perd.

Il y a intérêt à opérer sur un volume d'eau perdue assez considérable et par suite à exécuter le jet de la fluorescéine pendant un temps assez long, la quantité de fluorescéine versée à l'heure étant calculée d'après le débit de la nappe et le volume d'eau emmagasinés dans le sous-sol.

2° On désire connaître la propagation des eaux souterraines dans une région déterminée.

Ici le problème est tout autre; il faut modifier profondément la composition de la nappe en un point déterminé et assurer la diffusion de la matière employée.

Dans ce dernier cas, la surélévation d'un niveau piézométrique de la nappe au point où se fait le jet est indispensable; on y parvient en faisant arriver en ce point une quantité d'eau supérieure à celle qui se

perd en temps normal, par exemple en effectuant la levée des vannes d'un moulin pendant un temps plus ou moins long.

Cette surélévation du niveau piézométrique n'a qu'un but : *assurer la dispersion de la matière dissoute dans un grand volume d'eau de la nappe.*

Il peut se faire que cette arrivée d'eau supplémentaire cause une intumescence dans la nappe aquifère; cette intumescence se propagera en suivant les lois de l'écoulement des eaux et pourra se traduire aux sources par une augmentation de débit ou une surélévation du plan d'eau.

Il ne faut pas confondre ce phénomène avec l'arrivée des molécules liquides. C'est un phénomène d'ordre mécanique, qui peut être comparé à celui de la transmission des vitesses dans un milieu parfaitement élastique dont l'expérience classique de Mariotte montre les effets.

Il n'y a pas plus de relation entre ce phénomène et la circulation des molécules d'eau qu'il n'y en a entre la transmission du son ou de la lumière et le déplacement de molécules d'air ou de l'éther.

Les phénomènes d'intumescence produits après les pluies ou après une crue sont du même ordre. Dans nos études sur la circulation des eaux souterraines du val d'Orléans, nous avons montré que les intumescences produites sur la Loire, par les crues, sont reproduites sans retard de phases à la source du Loiret et dans les puits forés qui atteignent la nappe du Calcaire de Beauce. Cela nous a permis d'établir que la nappe du Calcaire de Beauce circule sous pression au droit du val d'Orléans, c'est une *nappe captive* ou *ascendante*, mais nous ne croyons pas pouvoir comparer la vitesse de propagation des molécules d'eau perdue en Loire avec la vitesse de propagation de l'intumescence.

Quantité de fluorescéine à employer.

La quantité de fluorescéine à employer est très variable avec chaque cas particulier, c'est une question d'espèce. Nous avons souvent employé avec succès des quantités très faibles de cette substance (500 à 400 grammes); mais nous n'avons jamais hésité à employer des poids considérables lorsque cela était nécessaire; c'est ainsi que dans une expérience faite sur la Loire, nous avons jeté 50 kilogrammes de fluorescéine en une demi-heure, soit 100 kilogrammes à l'heure. La fluorescéine a été retrouvée à la source du Loiret quelques jours après.

Il faut employer la fluorescéine avec assez de prudence pour ne pas colorer d'une manière trop intense les sources et les puits du voisinage; l'expérience est le meilleur guide.

Un poids de 0^{kg},500 jeté par heure et par mètre cube-seconde de débit de la nappe nous a donné de bons résultats.

Si la distance est faible, on peut réduire ce chiffre; on l'augmentera avec la distance.

La durée du jet gagne à être longue si l'absorption des eaux est rapide, elle sera courte pour les lits poreux ou les rivières à pertes partielles. Une durée de quinze à trente minutes donne en général de bonnes indications.

Nous croyons devoir ajouter que la quantité de fluorescéine à employer dépend essentiellement de la qualité de cette substance. Nous avons montré que le commerce livre des fluorescéines ayant un pouvoir fluorescent variable dans la proportion de *un à mille* (1).

De la vitesse de propagation de la fluorescéine.

MM. E. Fournier et A. Magnin, dans une note parue aux *Comptes rendus* de l'Académie des sciences, le 6 avril 1903, ont mis en relief la lenteur de propagation de la fluorescéine.

La vitesse de propagation resterait en général inférieure à 1 kilogramme par jour, et d'autres substances : amidon, sel marin, donneraient des vitesses de propagation supérieures à celle qui serait accusée par la fluorescéine.

Les conditions locales déterminant le mode d'écoulement des eaux sont très variables, elles varient d'un jour à l'autre; mais nous croyons devoir faire nos réserves au sujet de la lenteur de la fluorescéine indiquée par ces savants.

Dans les régions de l'Avre, de la Vanne, du Loiret, où nous avons opéré, la vitesse de propagation de la fluorescéine n'a jamais été inférieure à 40 mètres par heure, soit 960 mètres par jour, et la vitesse moyenne apparente a été de 120 mètres à 160 mètres à l'heure, soit 2800 à 4500 par jour, la distance entre le béttoire et les sources étant mesurée à vol d'oiseau, ce qui représente une vitesse moyenne réelle supérieure aux chiffres indiqués.

Nous croyons devoir insister sur la nécessité de comparer entre elles des expériences faites au même lieu et à la même époque : l'expérience

(1) *Fournisseurs* auxquels on peut s'adresser en confiance : Société de produits chimiques et matières colorantes de Saint-Denis, 105, rue Lafayette, à Paris, et Société nationale de produits chimiques, 50, rue des Écoles, à Paris. (*Note du Secrétariat.*)

Desor, amidon, 8 heures, faite à Noiraigue, date de 1864, et l'expérience à la fluorescéine, 204 heures, est récente (1).

L'expérience *Jeannot*, sel marin, 9 $\frac{1}{2}$ heures, date de 1886; l'expérience à la fluorescéine, 92 heures, est de 1894 (1).

Ces expériences prouveraient tout au plus que le régime souterrain a changé à Noiraigue de 1864 à nos jours et à Arcier de 1886 à 1894; elles ne sauraient montrer la différence de vitesse de propagation accusée par le sel marin, l'amidon d'une part et la fluorescéine d'autre part.

Nous avons entrepris des expériences simultanées comparatives entre l'amidon, le sel marin et la fluorescéine. (*Voir les tableaux qui suivent le présent texte et les diagrammes [planche B], qui l'accompagnent.*)

Nous avons fait dissoudre dans l'eau le sel marin, puis nous délayons à la main l'amidon dans la solution salée et nous ajoutons la fluorescéine à la solution amido-salée. Le jet est effectué au seau à la volée dans le moins de temps possible sur le ruisseau de Dhuy, affluent du Loiret, qui a une pente moyenne de 0^m,50 par kilomètre, une largeur moyenne de 3 à 5 mètres et une profondeur de 0^m,20 à 0^m,50; ce ruisseau est très sinueux et il est semé de cavités qui atteignent 2 à 5 mètres de profondeur.

Des observateurs placés en aval du point où s'est effectué le jet prennent des échantillons tous les quarts d'heure.

Deux expériences ont déjà été exécutées; nous n'avons jamais trouvé d'amidon ni de sel marin avant l'arrivée de la fluorescéine.

Un tableau que l'on trouvera plus loin donne les résultats de l'expérience effectuée le 29 mai 1903; on y a consigné les observations faites à 510, 770, 980, 2200, 5200 mètres du point où s'est effectué le jet.

On remarquera que la fluorescéine a toujours été décelée au fluorescope avant qu'une augmentation sensible de la teneur en chlore ait été reconnue, et cette substance est encore décelée longtemps après le moment où la teneur en chlore paraît être redevenue normale. Cela ne veut pas dire que la propagation des deux substances a différé: ces résultats ne sont dus qu'à la sensibilité du fluorescope, qui permet de déceler *un millième de milligramme* de fluorescéine par litre, tandis que dans cette expérience le dosage du chlore ne permettait de déceler que des augmentations de 1 milligramme par litre.

Dans les expériences à la fluorescéine que nous avons eu l'occasion d'exécuter soit dans la région de l'Avre (craie turonienne), soit dans la région de la Vanne (craie senonienne), la vitesse de propagation

(1) Expériences citées par MM. Fournier et Magnin

donnée par la fluorescéine a toujours été pratiquement identique à celle obtenue par MM. les D^{rs} Miquel et Cambier au moyen de la levure de bière, quand la vitesse de propagation de la fluorescéine n'a pas été supérieure à celle indiquée par la levure (1).

L'arrivée des troubles après les pluies et les crues microbiennes sont des renseignements précieux, mais ces deux éléments ne sont pas liés entre eux; il est même rare d'observer une crue bactérienne au moment où les eaux deviennent troubles.

Pour les sources qui alimentent Paris, on peut même établir qu'une eau trouble est peu riche en bactéries; dans le bassin du Loiret, les crues bactériennes précèdent en général les eaux troubles, et ces deux phénomènes ne sont pas dus aux mêmes causes.

Indépendamment des crues microbiennes causées par l'arrivée des micro-organismes charriés par les molécules d'eau de surface qui n'ont pas le temps de s'épurer, il existe des crues microbiennes causées par les remous, les changements de vitesse, les intumescences, qui amènent aux émergences ce que l'on peut appeler les *dépôts microbiens de décantation* et les boues déposées dans les conduites naturelles souterraines qui entrent en service à la suite de ces phénomènes.

Ces crues microbiennes, ces troubles n'ont pas de liens directs avec la propagation des eaux souterraines accusées par les substances dissoutes; ils peuvent provenir de points *beaucoup plus rapprochés* que les points d'absorption des eaux superficielles soumis à l'expérience, il n'y a entre eux qu'un rapport de cause à effet.

C'est ainsi que dans le val d'Orléans, la fluorescéine déversée en Loire se retrouve dans les puits forés de l'usine élévatoire d'Orléans au bout de trois à cinq jours, suivant le point où elle a été déversée, tandis que les crues de la Loire causent :

1° Une crue bactérienne au moment où la crue arrive devant Orléans, c'est-à-dire avant l'arrivée des eaux de la crue; elle provient du changement de sens des courants;

2° Un minimum de bactéries, un minimum de matières organiques, un abaissement du degré hydrotimétrique et de la température vers le dixième jour;

3° Une crue bactérienne vers le vingtième jour qui provient des eaux phréatiques et superficielles qui se trouvent dans un rayon de 200 mètres de l'usine, la Loire étant à 7 000 mètres;

4° Les troubles ne se produisent que si les crues atteignent une valeur suffisante pour entraîner les dépôts boueux de décantation.

(1) Voir pour le détail de ces faits le tableau de la page 284.

BÊTOIRES.	DISTANCES en MÈTRES.	FLUORESCÉINE.			LEVURE DE BIÈRE.		
		Dates.	Durée du trajet en heures.	Sources.	Dates.	Durée du trajet en heures.	Sources.
Veau-Renard (Avre) Fontaine à l'Étable. Le Jon- cheroy (Vanne)	4 700	10 avril 1900.	31	Nouvet.	3 avril 1900.	32	Chambre de jauge des sources.
	6 300	17 juill. 1900.	69	Cerilly.	22 juill. 1900.	168	Cerilly.
	11 800	Id.	87	Patures.	Id.	144	Usine éléva- toire de Chigy.
	11 800	Id.	90	Maroy.			
	13 400	Id.	98	Miroir.			
	13 000	Id.	85	Auge.			
	12 800	Id.	86	Malhortie.	Id.	120	Usine éléva- toire de la Forge.
	12 400	Id.	85	Saint-Philibert.			
Lavoir de Vaumort (Vanne). .		Id.	85	Saint-Marcouf.			
			9	Miroir.			
	1 800	16 sept. 1900.	10	Auge.	16 sept. 1900.	45	Miroir.
			12	Malhortie.			

PROPAGATION DES EAUX COURANTES

Ruisseau le Dhuy, affluent du Loiret

Jet à 7 h du matin, le 29 mai 1903 : 40 kilogr. sel marin et 0^{ks} 600 fluorescéine. — Débit à la seconde : 48 litres. Pente moyenne : 0^m,30 par kilomètre.

Heures des prélèvements.	Durée du trajet.	A 540 mètres.			A 770 mètres.			A 980 mètres.		
		Fluorescéine.		Chlore par litre.	Fluorescéine.		Chlore par litre.	Fluorescéine.		Chlore par litre.
		Fluorescope.	Oeil nu.		Fluorescope.	Oeil nu.		Fluorescope.	Oeil nu.	
Matin.				Milligr.			Milligr.			Milligr.
10 ^h 00	3 ^h 00	?	0	10.8	0	0	»	»	»	»
15	15	visible	?	12.6	0	0	»	»	»	»
30	30	id.	visible	19.8	0	0	»	»	»	»
45	45	id.	très forte	28.8	0	0	»	»	»	»
11 ^h 00	4 ^h 00	id.	id.	32.4	0	0	9.0	0	0	»
15	15	id.	id.	34.2	0	0	»	0	0	»
30	30	id.	id.	30.6	0	0	»	0	0	10.8
45	45	id.	id.	27.0	0	0	»	0	0	»
12 ^h 00	5 ^h 00	id.	forte	21.6	0	0	9.0	0	0	10.8
15	15	id.	id.	18.0	visible	0	12.6	0	0	»
30	30	id.	id.	14.4	id.	visible	18.0	0	0	10.8
45	45	id.	faible	14.4	id.	très forte	27.0	0	0	»
Soir.										
1 ^h 00	6 ^h 00	id.	id.	»	id.	id.	25.2	visible	0	10.8
15	15	id.	?	10.8	id.	id.	25.2	id.	visible	14.4
30	30	id.	0	12.6	id.	id.	25.2	id.	forte	14.4
45	45	id.	0	10.8	id.	forte	23.4	id.	id.	23.4
2 ^h 00	7 ^h 00	id.	0	10.8	id.	id.	23.4	id.	id.	»
15	15	»	»	»	id.	id.	16.2	id.	id.	25.2
30	30	»	»	»	id.	faible	14.4	id.	id.	25.2
45	45	»	»	»	id.	?	»	id.	faible	23.4
3 ^h 00	8 ^h 00	»	»	»	id.	0	14.4	id.	id.	23.4
15	15	»	»	»	id.	0	»	id.	id.	»
30	30	»	»	»	id.	0	12.6	id.	id.	16.2
45	45	»	»	»	id.	0	»	id.	id.	»
4 ^h 00	9 ^h 00	»	»	»	id.	0	10.8	id.	id.	12.6
15	15	»	»	»	id.	0	»	id.	?	»
30	30	»	»	»	id.	0	»	id.	0	14.4
45	45	»	»	»	id.	0	»	id.	0	»
5 ^h 00	10 ^h 00	»	»	»	?	0	10.8	id.	0	12.6
15	15	»	»	»	»	»	»	id.	0	»
30	30	»	»	»	»	»	»	id.	0	10.8
45	45	»	»	»	»	»	»	id.	0	»
6 ^h 00	11 ^h 00	»	»	»	»	»	»	id.	0	10.8

Note. Les observations ont cessé : à 540 m. à la 7^e heure; à 770 m. à la 10^e heure; à 980 m. à la 11^e heure; à 2 200 m. à la 22^e heure; à 3 200 m. à 23 h. 45'.

Heures des prélèvements.	Durée du trajet.	A 2,200 mètres.			A 3,200 mètres.		
		Fluorescéine.		Chlore par litre.	Fluorescéine.		Chlore par litre.
		Fluoroscope.	OEil nu.		Fluoroscope.	OEil nu.	
Soir.				Milligr.			Milligr.
3 ^h 45	8 ^h 45	0	0	12.6	»	»	»
5 ^h 15	10 ^h 15	0	0	10.8	»	»	»
6 ^h 00	11 ^h 00	?	0	12.6	»	»	»
15	15	visible	visible	12.6	»	»	»
30	30	id.	id.	12.6	»	»	»
45	45	id.	id.	10.8	»	»	»
7 ^h 00	12 ^h 00	id.	forte	12.6	0	0	10.8
15	15	id.	id.	14.4	0	0	»
30	30	id.	très forte	18.0	0	0	»
45	45	id.	id.	19.8	0	0	»
8 ^h 00	13 ^h 00	id.	id.	21.6	0	0	10.8
15	15	id.	id.	18.0	0	0	»
30	30	id.	forte	16.2	0	0	»
45	45	id.	id.	14.4	0	0	»
9 ^h 00	14 ^h 00	id.	id.	12.6	0	0	10.8
15	15	id.	id.	12.6	0	0	10.8
30	30	id.	faible	12.6	visible	0	10.8
45	45	id.	0	»	id.	0	10.8
10 ^h 00	15 ^h 00	id.	0	12.6	id.	visible	12.2
15	15	id.	0	»	id.	forte	14.4
30	30	id.	0	10.8	id.	id.	14.8
45	45	id.	0	»	id.	id.	15.8
11 ^h 00	16 ^h 00	id.	0	10.8	id.	id.	14.4
15	15	id.	0	»	id.	id.	16.2
30	30	id.	0	»	id.	id.	16.2
45	45	id.	0	»	id.	id.	16.2
12 ^h 00	17 ^h 00	?	0	10.8	id.	id.	12.6
15	15	?	0	»	id.	faible	12.6
30	30	?	0	»	id.	id.	11.5
45	45	?	0	»	id.	id.	10.8
Matin.							
1 ^h 00	18 ^h 00	??	0	9.0	id.	id.	11.9
15	15	»	0	»	id.	id.	»
30	30	»	0	»	id.	0	10.8
45	45	»	0	»	id.	0	»
2 ^h 00	19 ^h 00	??	0	10.8	id.	0	10.8
15	15	»	0	»	»	0	»
30	30	»	0	»	»	0	»
45	45	»	0	»	»	0	»
3 ^h 00	20 ^h 00	0	0	10.8	id.	0	10.8
30	30	»	0	»	»	0	»
4 ^h 00	21 ^h 00	»	0	10.8	?	0	10.8
30	30	»	0	»	»	0	»
5 ^h 00	22 ^h 00	0	0	10.8	0	0	10.8
30	30	»	»	»	0	0	»
6 ^h 00	23 ^h 00	»	»	»	0	0	10.8
45	45	»	»	»	0	0	10.8

(Voir dans la planche B ces résultats transformés en graphiques.)

Nouvelle expérience du 12 juin 1903 au ruisseau le Dhuy.

Jet. — Solution amidon et fluorescéine. -- Distance parcourue : 100 mètres.

Heures des prélèvements.	FLUORESCÉINE.		AMIDON.	Observations.
	Fluorescope.	OEil nu.		
Soir.				
6 ^h 00	0	0	pas vu	Les observations pour l'amidon ont été réguliè- rement faites toutes les cinq minutes.
15	0	0	id.	
25	0	0	id.	
30	0	0	id.	
35	0	0	id.	
40	vu	0	id.	
45	id.	vu	présence	
50	id.	forte	»	
55	id.	id.	»	
7 ^h 00	id.	très forte	présence	
5	id.	id.	id.	
10	id.	id.	»	
15	id.	id.	»	
30	id.	forte	»	
45	id.	faible	»	
8 ^h 00	id.	id.	»	

Nouvelles expériences, du 13 juin 1903, au ruisseau le Dhuy.

Jet à 10 h. du matin : 15 kilogr. sel marin, 5 kilogr. amidon, 0^{kg} 300 fluorescéine et 1 kilogr. de confetti en papier rose.

Heures des prélèvements.	Durée du trajet.	A 650 mètres.					A 1450 mètres.				
		Coloration de la fluorescéine.		Chlore par litre.	Amidon.	Confetti.	Coloration de la fluorescéine.		Chlore par litre.	Confetti.	
		Fluorescope.	Oeil nu.				Fluorescope.	Oeil nu.			
Matin.				Milligr.					Milligr.		
10 ^h 00	0 ^h 00	0	0	10.8	»	»	»	»	»	»	
15	15	0	0	»	»	»	»	»	»	»	
30	30	0	0	»	»	»	»	»	»	»	
45	45	0	0	»	»	»	»	»	»	»	
11 ^h 00	1 ^h 00	0	0	10.8	»	»	»	»	»	»	
15	15	0	0	»	»	»	»	»	»	»	
30	30	0	0	»	»	»	»	»	»	»	
45	45	0	0	»	»	»	»	»	»	»	
12 ^h 00	2 ^h 00	0	0	10 8	»	»	»	»	»	»	
15	45	0	0	»	»	»	»	»	»	»	
30	30	0	0	»	pas vu	»	»	»	»	»	
45	15	0	0	»	id.	»	»	»	»	»	
Soir.											
1 ^h 00	3 ^h 00	0	0	10.8	id.	»	»	»	»	»	
15	15	0	0	»	id.	»	»	»	»	»	
30	30	0	0	»	id.	»	»	»	»	»	
45	45	0	0	»	id	»	»	»	»	»	
2 ^h 00	4 ^h 00	?	0	10 8	vu	»	»	»	»	»	
15	15	visible	?	14.6	pas vu	»	»	»	»	»	
30	30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
45	45	visible	forte	23 4	vu	»	0	0	10 8	»	
3 ^h 00	5 ^h 00	id.	très forte	27 0	?	»	0	0	10 8	»	
15	15	id.	id.	29 2	?	»	0	0	»	»	
30	30	id.	id.	31 0	vu	»	0	0	10 8	»	
45	45	id.	id.	29 2	id.	»	0	0	»	»	

Heures des prélèvements.	Durée du trajet.	Après 650 mètres.						A 1 150 mètres.			
		Coloration de la fluorescéine.		Chlore par litre.	Amidon.	Confetti.		Coloration de la fluorescéine.		Chlore par litre.	Confetti.
		Fluorescope.	Oeil nu.					Fluorescope.	Oeil nu.		
Soir.				Milligr.						Milligr.	
4 ^h 00	6 ^h 00	visible	forte	27 0	pas vu	»		0	0	10.8	»
15	15	id.	id.	19.8	vu	»		0	0	10.8	»
30	30	id.	id.	16.4	pas vu	»		0	0	10.8	»
45	45	id.	id.	16.4	id.	arrivée des papiers flottants		0	0	10.8	»
5 ^h 00	7 ^h 00	id.	légère	10.8	»			?	0	10.8	»
15	15	id.	id.	»	»		visible	?		10.8	»
30	30	id.	id.	»	»	»	id.	faible		12.6	»
45	45	id.	id.	»	»	»	id.	id.		12.6	»
6 ^h 00	8 ^h 00	id.	très légère	10.8	»	»	id.	forte		18.0	»
15	15	id.	id.	»	»	»	id.	id.		18.0	»
30	30	id.	id.	»	»	»	id.	très forte		19.8	»
45	45	id.	id.	»	»	»	id.	id.		23.4	»
7 ^h 00	9 ^h 00	»	0	10.8	»	»	id.	id.		21.6	»
15	15	»	»	»	»	»	id.	id.		21.6	»
30	30	»	»	»	»	»	id.	id.		23.4	»
45	45	»	»	»	»	»	id.	id.		19 8	arrivée des papiers flottants
8 ^h 00	10 ^h 00	»	»	»	»	»	id.	id.		18 0	
15	15	»	»	»	»	»	id.	id.		18.0	»
30	30	»	»	»	»	»	id.	id.		18.0	»
45	45	»	»	»	»	»	id.	id.		16.2	»
9 ^h 00	11 ^h 00	»	»	»	»	»	id.	forte		14.4	»

Les observations ont cessé à 7 heures au poste 650 mètres et à 9 heures au poste 1 150 mètres.

Au moment où se termine l'impression de la présente note, nous sommes à même de fournir en complément les tableaux insérés dans les trois pages qui précèdent, exposant les résultats d'expériences toutes récentes. Celles-ci, effectuées, comme celles du 29 mai dernier, dans le ruisseau le Dhuy, ont eu pour but : 1° d'étudier avec le plus de précision possible la marche comparative de l'amidon et de la fluorescéine ; 2° de comparer à la marche des corps flottants, représentés par de légers et nombreux *confetti*, celle de la fluorescéine, du chlore et de l'amidon, le tout déversé simultanément.

Dans l'expérience du 12 juin, répondant à l'objectif n° 1, la marche de l'amidon et celle de la fluorescéine ont été observées de cinq en cinq minutes. Le tableau de la page 287 montre que déjà après un parcours de 100 mètres de long, la fluorescéine a été décelée par le fluorescope cinq minutes avant l'apparition de coloration à l'œil nu et que celle-ci a été constatée simultanément avec la présence de l'amidon.

Dans la deuxième expérience, exécutée le 13 juin, en deux postes, respectivement éloignés de 650 et 1 150 mètres du point de déversement, on constate qu'à ces distances plus grandes, l'avance de la fluorescéine invisible à l'œil nu sur celle clairement décelée par sa coloration varie d'un quart d'heure à une demi-heure. L'amidon et le sel marin apparaissent en coïncidence avec la visibilité de la fluorescéine, et à 1 150 mètres, cette coïncidence est encore nettement constatée pour ce qui concerne le sel marin.

Quant à l'arrivée des corps flottants, elle s'est effectuée avec un retard d'environ deux heures et demie, aussi bien à 1 150 mètres qu'à 650 mètres.

Afin de montrer les résultats obtenus sous une forme plus tangible que dans le fatras de chiffres de ces divers tableaux, nous avons, sur l'initiative de notre zélé Secrétaire général, fait transformer en graphiques les résultats des expériences des 29 mai et 13 juin.

La planche hors texte B fournit une série de diagrammes montrant les résultats de l'expérience du 29 mai (voir le tableau p. 285-286) qui comporte cinq postes d'observation à 510, 770, 980, 2 200 et 3 200 mètres du point de déversement.

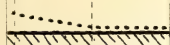
Le diagramme figure 1, ci-contre, fournit les données complètes de l'expérience du 13 juin. L'amidon, décelé au poste de 650 mètres après 4 heures et 4 h. 45 d'attente, n'a pas été observé 4 h. $\frac{1}{4}$ ni 4 h. $\frac{1}{2}$ ni 6 heures après l'instant du déversement, ainsi que l'indique aussi le tableau page 287. Il paraît probable cependant qu'il n'y a pas eu d'interruptions proprement dites et qu'il s'agit ici du passage de proportions minimes, difficiles à déceler.

10^h 30 11^h 30 12^h 30 13^h 30

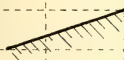
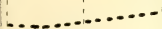
le 29 mai 1903

aux courantes

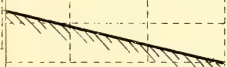
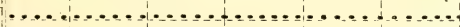
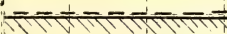
le Dhuy „



C



C



Durée du trajet. 3^h 30 4^h 30 5^h 30 6^h 30 7^h 30 8^h 30 9^h 30 10^h 30 11^h 30 12^h 30 13^h 30 14^h 30 15^h 30 16^h 30 17^h 30 18^h 30 19^h 30 20^h 30 21^h 30 22^h 30 23^h 30

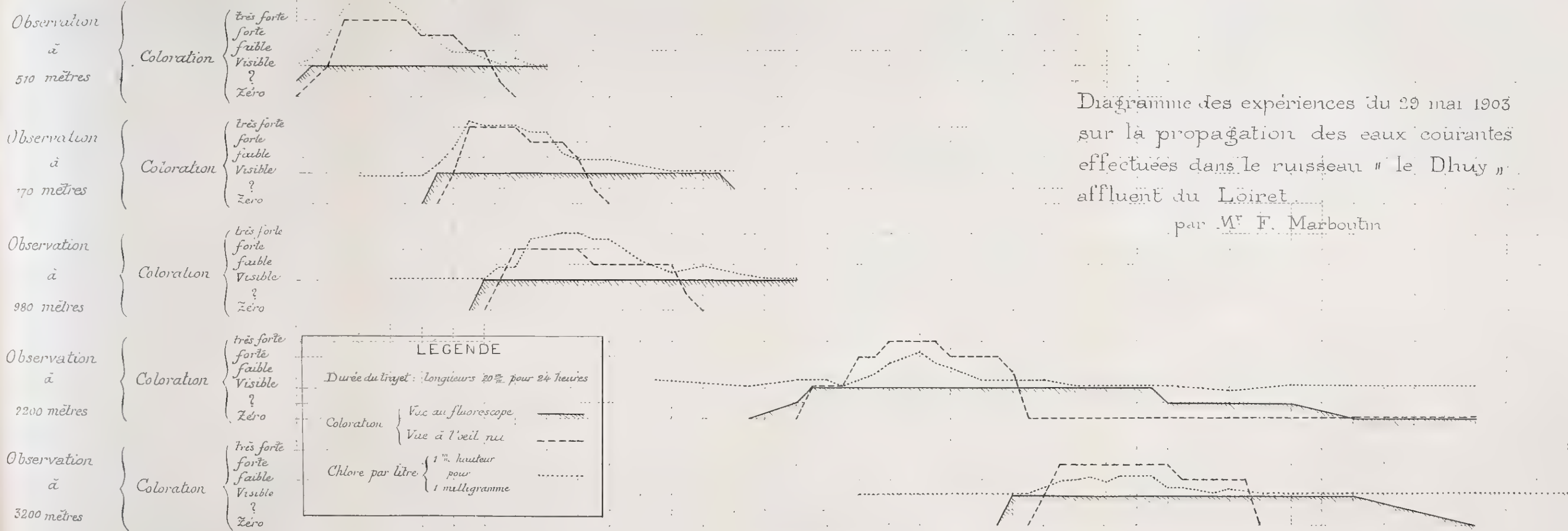


Diagramme des expériences du 29 mai 1903 sur la propagation des eaux courantes effectuées dans le ruisseau "le Dhuy" affluent du Loiret par M^r F. Marboutin

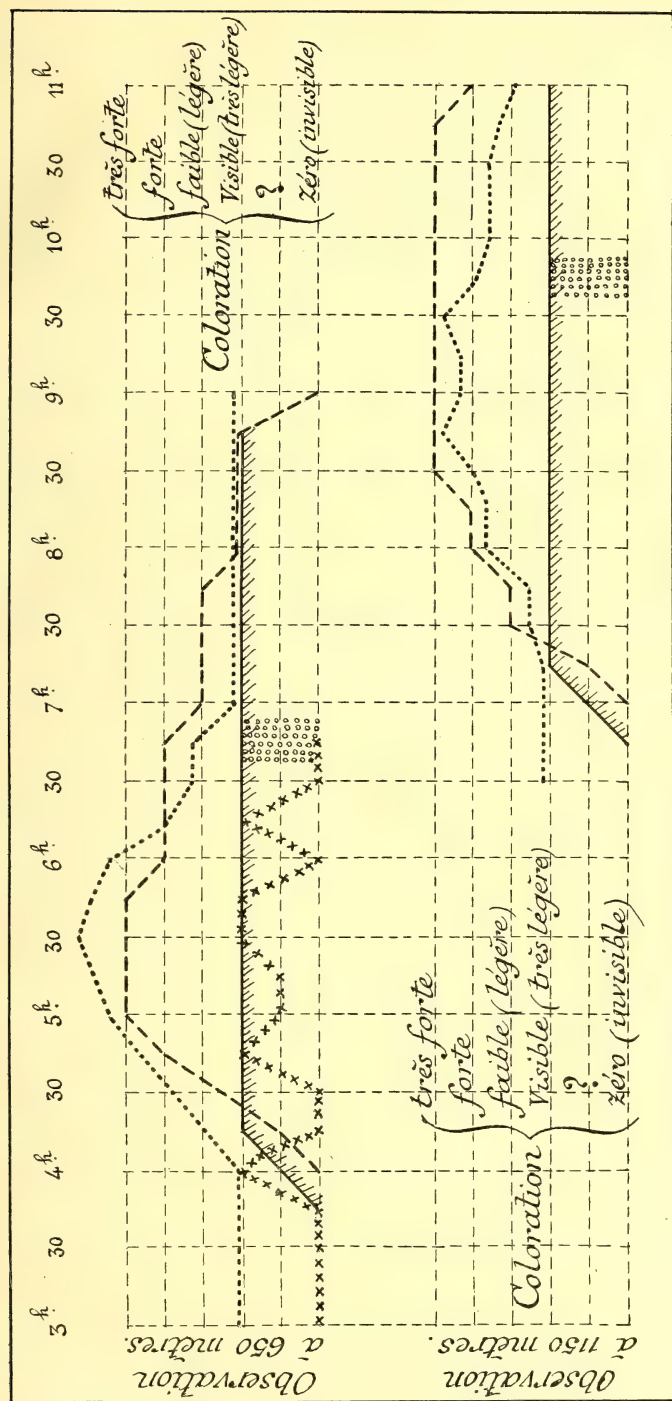


Fig. 4. — DIAGRAMME DES RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE DU 13 JUIN 1903, DANS LE RUISSEAU LE DHUY, EXÉCUTÉE PAR M. F. MARBOUTIN.

M. KEMNA fait la communication suivante sur la question des **différences de vitesse et de densité des eaux et sur les obstacles au mélange.**

Le point essentiel dans la communication de M. *Le Couppey* est la perturbation des résultats expérimentaux causée par l'augmentation de densité de l'eau contenant de la fluorescéine dissoute. Cette eau plus dense ne se mélange que difficilement avec l'eau ordinaire, souvent seulement longtemps après, par brassage à la suite du courant plus fort des pluies d'orage.

Voici d'autres exemples d'eaux restant séparées. A marée remon- tante, les eaux du Rupel, souillées par la Senne (recevant les égouts de l'agglomération bruxelloise), refoulent les eaux des rivières tributaires sans se mélanger avec elles; la distinction est généralement fort nette, la zone intermédiaire n'occupant qu'un espace de quelques mètres.

Le fascicule 5 du tome V de la *Zeitschrift für Gewässerkunde* de Gravelius (paru le 11 juin 1905) reproduit un travail du Prof^r Dr C. Weigelt, sur la façon d'introduire les eaux résiduaires dans les cours d'eau. L'auteur rappelle des constatations faites sur l'Elbe, où les eaux chlorurées de la Saale restent longtemps sur le bord par où elles sont entrées.

Je me rappelle que lors d'une excursion de la Société à Remou- champs, l'eau de la grotte, colorée à la fluorescéine, allait jusqu'à Aywaille, à 5 kilomètres de là, mais seulement le long de la rive droite.

Le Prof^r Weigelt a fait des expériences avec de l'eau colorée intro- duite dans un grand cylindre en verre, au milieu d'une autre eau cou- rante. Des photographies du tube permettent de suivre le phénomène. L'eau salée, plus dense, suit le fond du tube, et si l'on prélevait au même endroit un échantillon au-dessus et un au-dessous, on trouverait une grande différence. Le mélange se fait le plus rapidement quand l'eau est introduite en un jet vertical sous une pression suffisante. La question a une grande importance pratique, car il s'agit d'obtenir au plus vite une dilution permettant l'autopurification. Les expériences démontrent la complexité des phénomènes et la prudence qu'il faut apporter à conclure.

M. Kemna résume ensuite en séance le travail ci-après de M. le Prof^r H. Schardt sur le même sujet.

Notes concernant la vitesse de propagation de la fluorescéine dans les eaux souterraines, à propos de la note de MM. Fournier et Magnin et de la notice de M. Le Couppey de la Forest, par le Prof^r H. SCHARDT.

RETARD DE LA FLUORESCÉINE. — J'ai également constaté que la fluorescéine chemine dans l'eau courante *moins vite* que l'eau, c'est-à-dire que les corps flottants dans celle-ci. On est surpris de la lenteur apparente avec laquelle la coloration avance dans une rivière au cours en apparence assez rapide. Pour aller de la source de l'Orbe jusqu'au pont de Vallorbe, distant de 5 kilomètres, il a fallu cinq heures! Il serait vraiment intéressant de faire des essais, afin de déterminer quelle est la différence de vitesse entre l'eau et la fluorescéine ou d'autres réactifs, en opérant sur des canaux à *calibre connu* et avec des *vitesse exactement connues* également. Après cela seulement, on pourra tirer des conclusions des observations faites sur les cours d'eau souterrains, et encore faudrait-il auparavant expérimenter aussi sur des canaux artificiels avec calibre inégal, ou dont certaines parties représentent les conditions de l'écoulement libre et d'autres celles des siphons renversés.

J'ai toujours attribué la grande lenteur de la propagation souterraine de la fluorescéine à la présence de grandes cavités sur le parcours des eaux souterraines, cavités placées soit sur la partie à écoulement libre, soit sur les canaux en siphon.

L'influence de ces évasements est absolument manifeste, lorsqu'on expérimente sur des ruisseaux traversant une succession de bassins ou marmites de géant. C'est ainsi que le ruisseau de l'Eau-Froide, près de Roche, vallée du Rhône, sur lequel j'ai fait toute une série d'essais de coloration, m'a donné, suivant le débit, des différences absolument énormes. Pour parcourir 1 kilomètre de longueur, avec une différence de hauteur de 400 mètres, donc une très forte chute, il a fallu aux basses eaux (débit 35 L. s.) douze heures au complet; une seule marmite de 2 mètres de diamètre a causé parfois trente à quarante minutes d'arrêt avant que l'eau en sortit fluorescente! Aux hautes eaux (500 à 400 L. s.), la coloration descend en trente à quarante minutes. La vague de crue, lors des orages, met à peine vingt minutes pour

parcourir la même longueur. Voilà qui explique suffisamment les différences de vitesse observées et surtout la *grande lenteur aux basses eaux* dans la propagation de l'eau fluorescente.

Toutefois, est-il bien prouvé que la fluorescéine coule si notablement moins vite que l'eau? *Théoriquement, elle ne doit pas se propager moins vite que le trouble que nous produisons en agitant la vase au fond de l'eau, ou en y introduisant une dissolution de gomme laque dans de l'alcool.* Si cette différence de propagation était réelle, il faudrait admettre que, par une influence encore inconnue, la couleur se *détruit* à la tête de la colonne colorée, ce que je ne puis croire; car la persistance de la coloration faible à la fin du maximum, souvent pendant des semaines, prouve justement *la longue conservation de la fluorescéine dans l'eau.*

Je crois, au contraire, que la différence de vitesse de propagation entre l'eau et la fluorescéine n'est qu'une *apparence*, revenant au même ordre de faits que la différence de la perception des odeurs dans l'air lors des incendies par exemple. C'est en partie aussi le fait de *l'imperfection de nos sens*. Le fait qu'une petite dose de fluorescéine, jetée en une seule fois, soit en une infime fraction de seconde, colore bientôt *plusieurs centaines de mètres de la veine liquide*, prouve que la vitesse de l'eau n'est pas la même dans toute la section, ce qui est d'ailleurs bien connu. Mais il s'ensuit de cette observation que cet éparpillement de la coloration est dû au retard que subit l'eau sur ses bords. La tête de la colonne colorée marche vite, les flancs traînent. Souvent, quand tout paraît passé, nous trouvons encore de la fluorescence intense, pendant des heures, dans les anses tranquilles des ruisseaux. Malgré sa vitesse plus grande, la tête *colorée* de la colonne paraît en retard sur la vitesse propre de l'eau. C'est ce que je crois être une apparence, et voici pourquoi : La zone de forte coloration de l'expérience citée suit au début nécessairement et manifestement *le milieu du courant et la tête de la colonne*; la queue est de plus en plus diluée. Mais la tête de la colonne, qui pénètre dans de l'eau non colorée occupant les bords et le fond du courant, se diffuse avec celle-ci et *la fluorescence devient rapidement invisible à l'œil, sur une zone qui doit rapidement croître en longueur.* Ce n'est que la tête *fortement* colorée qui est en retard sur la vitesse de l'eau; en avant de cette tête fortement colorée existe une zone de diffusion, où le fluorescope permettrait facilement de constater la fluorescéine. Dans divers essais de coloration de ruisseaux et de sources, j'ai constaté la fluorescéine avec le fluorescope *longtemps avant* l'arrivée de la forte coloration correspondant à *la tête apparente de la colonne colorée* ! Des essais faits sur des canaux avec vitesse d'écoulement connue

devront donner pour la coloration et l'eau des vitesses sensiblement égales; les différences deviendront d'autant plus faibles *que nous utiliserons des fluoscopes plus sensibles.*

J'arrive maintenant AUX DIFFÉRENCES DE VITESSE DE PROPAGATION ENTRE LES CRUES ET LA FLUORESCÉINE.

En soutenant que la différence apparente de ces vitesses correspond à la différence de vitesse observée entre l'eau et la tête de la colonne colorée, on est évidemment dans l'erreur. Une partie du cours souterrain des eaux est, dans presque tous les cas, je dirai même dans tous, formée soit de vastes cavités où l'eau est presque stagnante, soit de canaux en siphon renversé, que l'onde de crue traverse presque *instantanément*, conformément aux lois de l'hydraulique. La crue observée aux résurgences n'est pas la réapparition de la plus forte quantité d'eau elle-même, mais elle est due à la *hausse du niveau* de l'eau souterraine ou à la *transmission instantanée de la hausse de pression* dans les canaux en charge ou en siphon renversé! La propagation de la fluorescéine, ou de toute autre substance, devra cheminer avec la vitesse de l'eau et ne subir que le *retard apparent* dont j'ai parlé plus haut, retard dû à la dilution de la tête de la colonne *colorée*! Ce fait a été nettement constaté au lac de Joux, où la vague de crue se montre à la source de l'Orbe, deux heures après l'ouverture des vannes de Bonport, et atteint le maximum seulement sept heures plus tard, tandis que la fluorescéine, introduite en même temps, n'a apparu que *vingt-deux heures* après. Le même essai fait précédemment *sans ouvrir les vannes*, en ne colorant que le débordement normal de l'eau, avait donné *cinquante heures* pour le même trajet. La différence entre cinquante heures et vingt-deux heures est due au fait que l'ouverture des vannes constitue une *crue*, d'où augmentation de la *vitesse d'écoulement* de l'eau, comme cela se produit dans chaque ruisseau. Mais il y a à côté de cela encore le phénomène de la crue *hydrostatique* (conduite sous pression), qui est bien plus rapide que la vitesse propre de l'eau; elle est presque instantanée! Quant aux VITESSES D'ÉCOULEMENT de l'eau, suivant la SECTION DES CANAUX SOUTERRAINS, dont parlent MM. Fournier et Magnin, je ne puis partager leur raisonnement quant à l'application des formules hydrodynamiques sur lesquelles ils se basent pour soutenir que l'existence de grandes cavités sur une conduite sous pression, plutôt que de ralentir la vitesse de l'eau, comme c'est le cas lors de l'écoulement libre, doit augmenter, au contraire, cette vitesse. Ces formules ne s'appliquent qu'à des *conduites à calibre uniforme et non au cas de canaux aussi variables de forme que les réseaux des eaux souterraines.* La

présence de canaux à grande section ou de vastes cavités exercera, lors de la mise sous pression, la *même influence retardatrice* que lors de l'écoulement libre; ici rien ne sera changé, mais c'est dans les canaux à *petite section* que la vitesse augmentera en raison de la *pression*, qui sera plus forte! Dans les parties à grande section, la vitesse n'augmente pas dans une aussi forte proportion; le renouvellement de l'eau qui doit se faire là, avant que la coloration n'arrive à l'ouverture de sortie, constitue un *ralentissement* de la vitesse, qu'il y ait pression ou non; cela saute aux yeux!

Il est étrange que les DIVERS RÉACTIFS employés aient donné jusqu'ici des résultats si différents. Je ne crois pas qu'il y ait là une différence dans la vitesse de translation réelle de la couleur ou du réactif, qui doit cheminer avec une vitesse sensiblement égale à celle de l'eau, mais cela doit tenir à la *différence de sensibilité des réactifs*, c'est-à-dire à la manière de constater la présence du réactif. Pour la fluorescéine, on se contente le plus souvent d'attendre le résultat visible à *l'œil nu*; il est certain que l'observation d'épreuves prélevées à courts intervalles donnerait des traces de fluorescence, au moyen du fluorescope, *longtemps avant l'apparition du maximum visible à l'œil nu*. Les méthodes chimiques, sel de cuisine, amidon, levure de bière, amidon et iode, etc., qui exigent le prélèvement d'échantillons et leur étude au laboratoire, donnent de ce chef des trajets plus rapides. Sous ce rapport, les trois essais faits par M. Knop sur la *source de l'Aach*, alimentée pour une moitié de son débit par une perte du Danube, sont absolument démonstratifs. En effet :

a. L'*huile de goudron* a été constatée par son goût et chimiquement au bout de soixante-deux heures après son introduction et pendant six heures.

b. Le *sel de cuisine* a été constaté au bout de vingt heures déjà; mais le maximum n'a été atteint que soixante et une heures après l'introduction et a duré environ six heures. Durée totale : 90 heures.

c. La *fluorescéine* est devenue nettement visible au bout de soixante heures et la coloration dura trente-six heures.

Il est certain qu'un contrôle au moyen du fluorescope sur des échantillons prélevés aurait donné un temps beaucoup plus court pour la translation et plus long pour la durée de la coloration.

Il en découle néanmoins que l'apparition *visible à l'œil nu* de la fluorescéine ne donne en aucun cas la *vitesse réelle de l'eau*, mais que, par l'emploi du fluorescope de plus en plus sensible, on peut s'en rapprocher sensiblement.

M. Knop remarque déjà dans sa notice que les essais *a* et *c* ne sont devenus perceptibles aux sens qu'*au moment du maximum de leur effet*.

Je constate à ce propos que les indications de MM. Fournier et Magnin concernant le trajet de l'amidon de l'entonnoir des Ponts à la source de la *Noiraigne* ne sont pas démontrées. Cette constatation n'a jamais été faite *positivement*. Desor avoue qu'il lui *a paru* que l'éprouvette de huit heures avait une légère teinte bleuâtre. C'est la main inexpérimentée du surveillant chargé de prélever les échantillons qui avait introduit la teinture d'iode. *L'essai en question ne mérite aucune confiance* (1). Quant à celui de l'Areuse, il n'a jamais été fait avec de l'amidon ! Le chiffre de douze heures se rapporte à la *crue* de la source, après l'ouverture des vannes du lac des Taillières.

Pour pouvoir affirmer que tel ou tel réactif chemine plus vite qu'un autre, il faudrait au moins que les expériences sur lesquelles on base les affirmations, eussent été faites dans les mêmes conditions de débit, ce qui n'est apparemment pas le cas. Les trois essais de M. Knop sur la source de l'Aach montrent clairement que dans les mêmes conditions de débit, ce qui fut le cas du 22 septembre au 12 octobre 1877, l'apparition du *maximum* de l'effet des réactifs (goudron, sel de cuisine, fluorescéine) a lieu sensiblement au bout du même *laps de temps*, environ trois fois plus tard que les premières traces percevables du sel de cuisine.

La variabilité de la vitesse de l'eau, donc de la durée du trajet souterrain, ressort des divers essais que j'ai faits au sujet des sources du *Mont de Chamblon* où, en eaux moyennes, le trajet a duré quarante et quarante-deux heures et, en eaux basses, cent cinquante heures. De même, le trajet de la fluorescéine entre les entonnoirs du plateau de la Brévine et la source de l'Areuse a exigé en basses eaux (septembre) treize jours et dix heures, soit près de trois cents heures, en eaux moyennes (mai) cent trente-deux heures et, un peu plus tard, le même mois, cent quatre-vingt douze heures. Lors du troisième de ces essais, lorsque, après quarante-huit heures de coloration, la rivière de l'Areuse avait repris son aspect normal, un violent orage éclata sur la montagne; le lendemain, on revit apparaître la fluorescéine à la source et se maintenir avec la même intensité que précédemment pendant plusieurs heures. Ceci confirme l'idée de M. L. Couppey sur le rôle des cavités, soit que la couleur s'y dépose en raison de sa

(1) Les essais avec la fluorescéine ont donné aux hautes eaux deux cent quatre et cent cinquante-six heures (mai et juillet 1901).

densité (ce qui me paraît moins probable), soit par suite d'un mouvement en tourbillon, comme dans les anses tranquilles des cours d'eau. Il faut une affluence d'eau subite pour expurger cette réserve de couleur.

J'ai toujours remarqué que les essais de coloration réussissent plus sûrement au moment des hautes eaux ou des eaux moyennes, en raison de la vitesse plus grande qui produit un renouvellement plus prompt de l'eau dans les cavités souterraines, sans que l'eau accumulée dans celles-ci soit bien plus considérable. La colonne colorée s'allonge moins et conserve, malgré le plus fort débit, une coloration très intense; puis il y a l'avantage d'un trajet plus court, qui n'oblige pas à une attente trop longue et parfois impatientante, comme celle du premier essai entre le lac des Taillières et l'Areuse, qui a duré treize jours pour 6 kilomètres.

Conclusions. — Dans l'état actuel de mes connaissances sur la marche souterraine de la fluorescéine, je ne pense pas que la vitesse réelle de celle-ci soit sensiblement plus faible que celle du véhicule, l'eau. Le retard qui se produit est *purement apparent* et dû aux moyens d'observation mis en pratique. Pour avoir la vitesse approximative de l'eau, il faut procéder par prélèvement d'échantillons et examiner ceux-ci avec un fluorescope très sensible, à la lumière directe du soleil, ce qui permet de discerner jusqu'à un dix-milliardième de fluorescéine. Le retard apparent (coloration visible à l'œil nu) peut atteindre le double de la durée réelle du trajet.

Il est possible cependant que certaines substances ou terrains détruisent la fluorescéine; aussi des recherches sur ce point seraient à désirer. Les eaux tourbeuses, chargées d'acide ulmique, exercent certainement une action destructive sur la fluorescéine, qui est un sel basique; la faiblesse de la coloration de la source de la Noiraigue, dont l'eau a une teinte ambrée, peut être attribuée à cette influence.

Neuchâtel, le 14 juin 1903.

D^r SCHARDT.

La question du prétendu « retard » de la fluorescéine fait ensuite l'objet d'un débat complémentaire auquel prennent part MM. *J. Dufief, Kemna, Putzeys, Rabozé, Van den Broeck et Willems.*

Nous extrayons des notes de séance les passages suivants :

M. Kemna. — Le retard dans la première arrivée de fluorescéine visible pourrait résulter d'une rétention de la substance colorante par les parois. Plus tard, ces mêmes parois abandonnent de la fluorescéine à l'eau pure, et il en résulte une prolongation de la période de coloration.

tion, résultant, non d'un retard de l'eau ou de la matière colorante, mais du lavage des parois. Il faudrait déterminer la réalité et l'intensité de cette action d'absorption des parois.

M. Putzeys. — Rien ne dit que la vitesse n'est pas la même. Le retard peut être simplement une apparence, les premières traces de coloration pouvant échapper à l'observation.

M. Van den Broeck. — Dans un canal, les eaux proches de la surface libre coulent plus vite que celles du thalweg ; si la fluorescéine allait au fond, le retard se comprendrait. Le fait du retard est affirmé par tous les expérimentateurs, mais il est certainement apparent. Pour une solution salée, — nettement plus dense, — le retard réel se comprendrait à la rigueur. Quant au fluorescope employé par M. Schardt, il est à noter qu'il est moins sensible que l'appareil Trillat-Marboutin, du moins en l'absence de l'éclairage par les rayons solaires. Il y a urgence à élucider, à l'aide des appareils les plus précis, suppléant à l'insuffisance de la vision directe, ce problème, qui est d'une importance capitale pour l'étude judicieuse des alimentations d'eau.

Cap. Willems. — Des expériences de laboratoire confirmeraient-elles ce qui a été dit, notamment par M. Le Couppey, au cours de la discussion : que la fluorescéine se dépose ?

M. Kemna. — Il n'y a pas de dépôt, mais on a invoqué la densité plus grande de la solution comme devant amener les couches d'eau très colorées dans une situation inférieure.

M. Dufief. — Une solution très longtemps conservée dans une éprouvette de mon laboratoire n'a absolument rien déposé.

M. Van den Broeck. — La coloration plus marquée constatée au cours de mes expériences dans des fonds irréguliers de ruisseau, plus profonds par places, provient, M. Rahir et moi nous en sommes assurés, uniquement de la plus grande épaisseur du liquide. Une faible différence en plus dans certains endroits localisés, un peu plus profonds, peut amener, à la simple vue et si l'on néglige de vérifier avec soin, la notion inexacte d'un dépôt matériel de fluorescéine *semblant* localisé dans ces fonds. C'est une pure illusion.

La discussion porte ensuite sur le degré de rapidité d'arrivée des crues bactériennes aux points d'émergence.

M. Putzeys, au cours de cette discussion, fait remarquer que la première pluie amène aux bêtes des eaux souillées. Le terrain calcaire n'est pas fissuré *seulement* dans la région des bêtes, mais également au-dessus du débouché des sources, où la moindre pluie peut

donc amener une poussée bactérienne, pouvant précéder l'arrivée des éléments : eaux, fluorescéine, bactéries et souillures, provenant de la région, plus lointaine, des bétoires expérimentés. Il importe donc de rechercher et de déterminer avec le plus grand soin les points rapprochés des plus minimales infiltrations possibles, tout autant que les limites les plus lointaines de l'aire d'influence des bétoires dont l'examen s'impose tout d'abord.

Vu l'heure avancée, M. le *Secrétaire général* se borne à déposer sur le Bureau, pour l'insertion au procès-verbal, un articulet qu'il a extrait d'une courte étude publiée par M. H. Cuony dans le volume X (1902) du *Bulletin de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles* et intitulée : *L'emploi de la fluorescéine dans l'hydrographie*.

En attirant l'attention sur l'un des faits relatés dans cette Note, M. Van den Broeck comptait faire s'ouvrir une discussion sur l'examen des nombreux cas dans lesquels on pouvait utiliser la fluorescéine dans les études relatives aux travaux publics, cas dont les recherches de M. le Prof^r Schardt, en ce qui concerne les venues d'eau du Simplon, constituent un remarquable et si suggestif exemple.

Faute de temps pour pouvoir aborder aujourd'hui l'examen de ce point de vue, M. Van den Broeck croit cependant utile de l'amorcer en relatant, d'après M. H. Cuony, les données suivantes :

A Fribourg, à la suite de l'éboulement d'une partie des remblais de l'avenue de Pérolles, le viaduc souterrain qui traverse ce remblai avait été obstrué et un lac s'était formé en amont.

M. Gremaud, ingénieur cantonal, tenait à profiter de cette occasion pour s'assurer si le remblai laissait filtrer l'eau et, éventuellement, où ces filtrations émergeaient.

Une solution ammoniacale de fluorescéine fut versée dans le lac le samedi 5 avril 1902, vers 9 heures du matin. Quelques ouvriers furent chargés de brasser l'eau pour opérer le mélange et le lac prit aussitôt une magnifique coloration vert-émeraude. A 4 heures, on dut ouvrir le canal d'écoulement parce que le niveau de l'eau devenait trop élevé. Aucune infiltration ne put être remarquée et la coloration avait persisté encore presque tout le jour suivant.

La masse d'eau contenue dans le lac avait été évaluée à environ 2 000 mètres cubes, et l'on a effectivement employé à peu près 100 grammes de fluorescéine.

La séance est levée à 10 h. 45.

ANNEXES A LA SÉANCE DU 16 JUIN 1903.

ESSAI

SUR

L'EMPLOI DES MATIÈRES COLORANTES

POUR LA RECHERCHE DES EAUX D'INFILTRATION

PAR

M. A. TRILLAT (1)

L'emploi des matières colorantes et de la fluorescéine pour la recherche de l'origine des cours d'eau et de leurs relations n'est pas nouveau. Cependant, on peut être surpris que ce procédé se soit si peu généralisé.

J'ai pensé que cet état de choses pouvait provenir de l'ignorance des conditions dans lesquelles on devait se placer pour appliquer efficacement la méthode.

Une expertise ayant eu pour objet la recherche de l'origine d'une eau m'a fourni l'occasion d'étudier cette question; je crois utile de publier le résultat de mes observations.

Les exemples relatés dans les diverses revues scientifiques concernant les recherches d'eaux effectuées au moyen des colorants sont peu nombreux.

Une remarquable expérience couronnée de succès fut tentée en 1877 par Knop pour établir la relation qui existait entre les eaux^{du} lac de Constance et les deux fleuves voisins, le Rhin et le Danube. Dix kilogrammes de fluorescéine furent jetés dans le Danube entre Mœhringen et Immendingen : après soixante heures, on vit la fluorescence apparaître dans l'Aach, l'un des affluents du lac : le phénomène dura trente-six heures.

MM. Forel et Gollier rapportent des expériences tentées le

(1) Note publiée dans les *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XVIII, pp. 444-451, et reproduite ici avec l'autorisation de l'auteur.

3 décembre 1892 pour rechercher les relations entre les eaux du lac Brenet et la source de l'Orbe; 1 kilogramme de violet d'aniline, dissous dans l'eau acidifiée par de l'acide acétique, fut jeté dans l'entonnoir de Bonport : une surveillance attentive fut établie à la source de l'Orbe; le débit de l'entonnoir était de 200 litres par seconde; celui de l'Orbe de 2 000 litres. Aucune coloration ne put être constatée (1).

La même expérience fut répétée par M. Piccard, en remplaçant le violet d'aniline par la fluorescéine; il jeta la solution colorante dans les entonnoirs de Bonport : les premiers phénomènes de coloration parurent cinquante heures après dans la rivière de l'Orbe, dont l'origine put être ainsi définitivement établie.

Après ces exemples, et d'autres que je pourrais citer, je crois intéressant de signaler le résultat de l'expérience suivante :

La municipalité d'une ville importante des environs de Paris avait fait construire une galerie filtrante juxtaposée pour ainsi dire le long de la Seine. Au moyen d'une pompe élévatoire, l'eau filtrée était distribuée dans la ville.

Or, l'analyse chimique de deux prélèvements d'eau, l'un effectué chez l'habitant, l'autre en pleine Seine, démontra que la composition des deux échantillons était différente. Les prélèvements faits dans divers points de la ville confirmèrent les premiers résultats; cette eau se distinguait de l'eau de Seine par un degré hydrotimétrique beaucoup plus élevé. Il s'éleva à ce propos un procès curieux entre les habitants, d'une part, et la municipalité qui s'était engagée à fournir de l'eau de Seine filtrée.

A ce sujet, les suppositions les plus invraisemblables surgirent, notamment celle de la désagrégation des matériaux de la galerie filtrante.

Désigné comme expert pour étudier cette question, après avoir constaté la différence de composition chimique entre les deux eaux, je parvins à identifier partiellement l'eau prélevée chez l'habitant avec l'eau d'une source située à environ 600 mètres de la galerie filtrante. Une vive polémique s'étant engagée, je tentai de démontrer d'une manière plus palpable la relation qui existait entre les eaux de la source et l'eau distribuée en ville.

Une solution ammoniacale de 100 grammes de fluorescéine fut jetée

(1) Comme le fait remarquer M. H. Cuony, relatant cette expérience avec d'autres, la matière colorante employée a été entièrement décomposée dans le sol calcaire. Voir H. CUONY, *L'emploi de la fluorescéine dans l'hydrographie* (BULL. DE LA SOC. FRIBOURG. DES SC. NAT., C. R. 1901-1902, vol. X, 1902, pp. 34-36). (Note du Secrétariat.)

en une seule fois dans un puits communiquant avec la source. Quelques heures après, je commençai à prélever des échantillons d'eau en ville, que je comparai avec le prélèvement type effectué avant l'addition de fluorescéine. Au moyen du *fluorescope* décrit plus loin, je parvins à distinguer après dix heures la fluorescence de l'eau, parfaitement invisible à l'œil nu à ce moment. Elle ne devint apparente en ville qu'après vingt-quatre heures.

Je pus donc ainsi démontrer que la galerie filtrante avait été construite sur une nappe d'eau souterraine, et qu'elle ne recueillait en grande partie que l'eau calcaire de la source, quoiqu'elle ne fût placée qu'à une dizaine de mètres de la Seine.

A côté de ces essais effectués avec la fluorescéine, on peut citer un certain nombre d'expériences tentées avec de la fuchsine et dont la plupart donnèrent des résultats négatifs, ce qui n'a pas lieu d'étonner, la fuchsine étant, comme on le verra plus loin, facilement décolorée par les eaux calcaires.

Il était à supposer que la nature de l'eau soumise aux expériences ou que la filtration des solutions colorées à travers des terrains sablonneux, argileux, calcaires ou tourbeux, pouvaient avoir comme résultat de décolorer partiellement ou même totalement certaines couleurs.

Il était surtout important d'examiner l'action des matières ammoniacales sur les solutions colorées, de manière à savoir si le procédé était applicable à la recherche des infiltrations des fosses.

Pour élucider ces questions, j'ai d'abord déterminé la valeur comparative des principaux colorants dans l'eau distillée et dans diverses eaux. J'ai ensuite examiné l'influence de la nature des sols et des produits ammoniacaux sur les solutions colorées. Enfin, j'ai cherché quel pourrait être le meilleur mode d'emploi des matières colorantes, au moyen d'un dispositif spécial.

INFLUENCE DES EAUX.

Les matières colorantes expérimentées sont les suivantes : auramine, safranine, rouge Congo, fuchsine neutre, éosine, vert malachite, violet de Paris, bleu méthylène et fluorescéine. Comme couleur acide, j'ai choisi la fuchsine sulfonée.

Pour déterminer proportionnellement l'intensité de coloration dans l'eau distillée, elles ont été préalablement purifiées et séchées plusieurs jours à une température de 90°. Les observations ont été faites sur

1 litre d'eau, dans des flacons en verre blanc de 7 centimètres de diamètre intérieur.

Les dissolutions colorées au $\frac{1}{100\,000}$ sont encore intenses. A la dose de $\frac{1}{1\,000\,000}$, elles sont toutes plus ou moins appréciables, mais à une dilution cinquante fois plus faible, soit à la dilution de $\frac{1}{50\,000\,000}$, l'éosine, l'auramine et la fuchsine acide deviennent invisibles. Les autres couleurs, à part la fluorescéine, deviennent difficilement appréciables. On peut les disposer ainsi, par ordre décroissant d'intensité pour cette dose de $\frac{1}{50\,000\,000}$: fluorescéine, vert malachite, bleu méthylène, violet, fuchsine neutre, safranine, rouge Congo.

Si l'on remplace l'eau distillée par de l'eau marquant 15° hydrotimétriques, on peut observer que les solutions au $\frac{1}{1\,000\,000}$ sont encore visibles après vingt-quatre heures ; mais avec une eau marquant 40° et riche en carbonates, la décoloration est totale pour les couleurs suivantes : auramine, fuchsine acide et neutre, vert malachite et violet ; elle est atténuée, mais encore visible pour le rouge Congo, l'éosine. Enfin, la safranine et le bleu de méthylène ont été les couleurs les moins influencées par la présence des sels calcaires en dissolution dans l'eau. La fluorescéine perd un peu de sa fluorescence : cela peut être attribué à un léger précipité formé dans l'eau.

J'ai constaté que si l'observation de la fluorescence a lieu dans une eau contenant des matériaux en suspension ou même *dans une eau très légèrement trouble, le dichroïsme devient difficilement décelable. Il est donc nécessaire, dans ce cas, de filtrer l'eau afin d'avoir un liquide clair et transparent.*

On peut donc conclure que la plupart des matières colorantes sont précipitées en bases par les sels calcaires des eaux.

INFLUENCE DES TERRAINS.

Il peut arriver que les eaux sur lesquelles on doit expérimenter filtrent à travers des sols de natures diverses. On peut se demander dès lors si les solutions colorées seront modifiées ou arrêtées et si on pourrait régénérer leur coloration.

Pour étudier cette question, j'ai préparé des solutions de matières colorantes au $\frac{1}{1\,000\,000}$, et je les ai filtrées à travers des couches de sols de composition différente. La couche dont la composition correspondait à la nature du sol à étudier était placée dans une allonge, de manière à former une épaisseur de 50 centimètres ; la solution colorée était ajoutée goutte à goutte et recueillie après filtration.

J'ai expérimenté des sols calcaires, sablonneux, argileux et tourbeux, correspondant à la composition centésimale suivante :

	Matière organique.	Argile.	Carbonate.
Sol calcaire	0	6.090	73.80
Sol argileux	7.94	79.20	
Sol tourbeux	49.07	35 »	
Sol sablonneux	4 56	0	

Le sol calcaire a décoloré entièrement toutes les solutions, sauf la fluorescéine. Les solutions filtrées restent incolores par une addition d'acide acétique, excepté la fuchsine acide, dont la coloration rouge réapparaît.

Les sols argileux et sablonneux laissent passer les solutions colorées, mais dans un état plus ou moins affaibli.

Le sol tourbeux a décoloré toutes les dissolutions, y compris celle de la fluorescéine. La fuchsine acide, comme dans le cas précédent, a pu cependant être régénérée.

Des résultats analogues ont été obtenus en filtrant les solutions colorées à travers des couches de terre de jardin légère et de terre arable.

Les matières colorantes sont donc précipitées en base incolore par les sels calcaires, et la base précipitée se trouve arrêtée dans le sol : la fuchsine acide (il doit en être de même des autres couleurs sulfonées) est décolorée et transformée en base soluble, qui n'est pas arrêtée. Il en résulte que, pour ce dernier cas, l'addition d'acide acétique régénère la coloration.

Je me suis servi du même procédé pour me rendre compte de l'action de l'ammoniaque libre et des sels ammoniacaux. Pour cela, j'ai utilisé le fumier de ferme, qui a été disposé en couches de 40 centimètres de hauteur. Les résultats sont analogues aux précédents : la fuchsine acide a pu être régénérée et la fluorescéine a pu être décelée facilement, après avoir eu soin de clarifier le liquide. — Le tableau de la page 506 résume les résultats observés.

L'intensité de coloration des solutions varie donc beaucoup, non seulement selon les eaux, mais surtout selon la nature des sols.

En me basant sur la propriété que possède la fluorescéine, d'être rendue plus visible lorsqu'on observe sa solution contre une surface noire, j'ai imaginé un dispositif qui permet de la reconnaître à des doses infiniment faibles. L'appareil se compose de deux tubes en verre

Si l'on remplit ces deux tubes jusqu'à 1 centimètre du bord, l'un avec de l'eau naturelle, l'autre avec cette même eau contenant des traces de fluorescéine, on peut observer, en plaçant l'œil dans l'axe de chaque tube, que l'eau naturelle se projette suivant une couleur bleu sombre, tandis que l'autre a une teinte vert clair. Cette différence se manifeste pour une solution dont la fluorescéine n'est plus visible à l'œil sans cet appareil.

La limite de la visibilité de la fluorescéine étant environ de $\frac{1}{200\ 000\ 000}$, le fluorescope permet de décupler cette visibilité, en sorte qu'elle peut être évaluée à $\frac{1}{2\ 000\ 000\ 000}$, soit 1 gramme de fluorescéine dans 2 000 mètres cubes d'eau.

On peut donc tirer profit de l'emploi de cet appareil dans le cas où la fluorescéine aurait été invisible à l'œil nu. Il permet, en outre, de reconnaître la fluorescence longtemps avant la visibilité normale : il pourra ainsi donner des renseignements plus exacts sur la vitesse du débit des eaux.

Dans l'application de la méthode, on pourra suivre la marche ci-après : La fluorescéine sera dissoute dans l'alcool additionné d'un peu d'ammoniaque (1) : quant à la quantité à employer, elle peut être variable selon les circonstances, et il est difficile de fixer une limite à ce sujet.

Un prélèvement de l'eau à examiner sera effectué avant l'addition de la fluorescéine, et le liquide sera placé dans l'un des deux tubes de l'appareil. Après l'addition de la matière colorante et après un premier laps de temps variant suivant les distances, de nouveaux prélèvements seront faits toutes les deux heures, par exemple, et examinés comparativement au prélèvement type.

Voici comment on pourrait résumer les résultats que j'ai obtenus dans mes expériences :

a) Les matières colorantes autres que les couleurs sulfoconjuguées, telles que la fuchsine acide et la fluorescéine, sont à rejeter.

b) Avant l'addition de la matière colorante, il sera nécessaire de déterminer la nature du terrain : j'ai démontré plus haut qu'elle avait une grande influence sur l'intensité de la coloration, qui peut même devenir nulle dans certains cas.

(1) Cette recommandation s'applique assez spécialement à la fluorescéine chimiquement pure, vendue dans le commerce sous forme d'une poudre d'un beau jaune, non directement soluble dans l'eau. Mais si l'on se sert des fluorescéines habituellement employées dans les expériences de coloration et qui renferment des poudres d'un brun rougeâtre et légèrement orangée, se vendant, à Paris, par exemple, à des prix variant de 11 à 15 francs le kilogramme (pris par 50 kilogrammes à la fois), on peut se dispenser de ces opérations préliminaires, ces poudres étant rapidement et complètement solubles dans l'eau.

(Note du Secréariat.)

c) Il est impossible de donner une indication précise sur la quantité de fluorescéine ou de fuchsine acide à employer : elle est subordonnée à l'importance des cours d'eau, de la composition des terrains, des nappes souterraines, de la distance à franchir, etc. La dose de 100 grammes de fluorescéine peut déjà donner des résultats dans beaucoup de cas, comme dans l'exemple que j'ai relaté; la dose de 1 kilogramme est énorme, car elle peut être, par l'emploi du fluorescope, décelée dans la dilution d'environ 2 000 000 de mètres cubes.

d) La fluorescéine sera dissoute dans de l'alcool additionné d'environ 5 % d'ammoniaque (1).

e) Les eaux de vidanges, le passage à travers des fosses ou du fumier, atténuent la fluorescence : la fuchsine acide est momentanément décolorée, mais sa couleur réapparaît par addition d'acide acétique. Il s'ensuit que son usage peut être utilisé dans ces cas, même conjointement avec celui de la fluorescéine.

USAGES.

Outre la recherche de l'origine des sources, on peut se servir des solutions des colorants pour établir les relations entre deux cours d'eau ou entre des lacs, pour l'étude des glaciers et, en général, pour les études géologiques.

Étant donnés la quantité de fluorescéine employée, le temps nécessaire pour apercevoir au fluorescope la première fluorescence, le moment où la fluorescence devient le plus intense et la durée du phénomène, on peut avoir, sinon une idée exacte, du moins la notion du volume d'une source, de sa vitesse, de l'existence et de l'importance des nappes d'eau souterraines.

Dans l'hygiène, on peut s'en servir pour reconnaître, comme cela a déjà été fait, les fuites d'eau dans les canalisations douteuses, et vice versa, pour reconnaître dans ces mêmes canalisations les infiltrations extérieures. En temps de contamination, l'emploi combiné de la fluorescéine et de la fuchsine sulfonée, dont les propriétés colorantes, ainsi que je viens de le démontrer, ne sont pas entièrement détruites par les matériaux de la décomposition, pourra rendre les plus grands services pour découvrir les infiltrations et les suintements provenant des fosses des maisons ou des quartiers contaminés.

Dans l'industrie, on pourrait souvent avoir recours aux colorants pour les questions, si controversées par les intéressés, des infiltrations des eaux résiduaires provenant des établissements classés.

(1) Voir note (1) de la page précédente.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

CH. RABOT. — **Diminution de la nappe phréatique en Angleterre.** (Extrait de *La Géographie*, VII, n° 5, 1903, 15 mai, pp. 376-377.)

Dans ces dernières années, le niveau de la nappe phréatique s'est abaissé dans toute l'Angleterre, et, en plusieurs localités, avec une rapidité alarmante. Dans une réunion tenue à Londres, le 14 février, sous les auspices du « Sanitary Institute », pour envisager cette question de l'eau, plusieurs orateurs ont mis en lumière des faits très intéressants que rapporte le *Symon's meteorological Magazine*, publié par notre savant collègue, le Dr Hugh Robert Mill (n° CCCXLVII, vol. XXXVIII, avril 1903; Londres, p. 45). La disette d'eau a été signalée comme particulièrement remarquable dans le Hertfordshire, notamment dans la vallée de la Lea; dans la région crayeuse du Kent septentrional, l'abaissement du niveau de la nappe souterraine se manifeste avec non moins d'évidence, à la grande inquiétude de la population, et les cours d'eau tarissent. M. W. Whitaker, après avoir montré la généralité du phénomène dans toute l'Angleterre, a attribué le déficit, pour une part, à une diminution des précipitations, et, pour une autre, à l'usage abusif de la nappe souterraine par les usines et par des travaux. M. R. H. Mill, avec sa compétence toute particulière, a démontré à l'assemblée que l'Angleterre passe actuellement par une phase de sécheresse.

Pendant la dernière période de trente-sept ans (1865-1901), durant laquelle a fonctionné le service pluviométrique dû à l'initiative privée (*British Rainfall*), seulement les sept années qui s'étendent de 1865 à 1871, les précipitations ont atteint la moyenne de toute la période; durant les quinze années suivantes (1871-1886), il y a eu excès de

pluie (8 % en moyenne) par rapport à la moyenne de toute la période, tandis que de 1886 à 1901, il y a eu déficit (8 % en moyenne).

Durant cette dernière période, seulement trois années les précipitations ont été supérieures à la moyenne. Le déficit est particulièrement remarquable en Irlande et dans le pays de Galles; dans le centre de l'Angleterre, il est très important et atteint 16 ou 17 % pour la période décennale 1890-1899. En revanche, actuellement, on relève une augmentation des précipitations dans l'Ouest de l'Écosse, dans le district des Laes et dans le Nord-Ouest du Yorkshire.

CH. RABOT.

ROGERS ET SCHWARZ. — **Une période glaciaire pendant l'époque devonienne dans l'Afrique du Sud.** (*Ann. Rep. Geol. Comm. Cape of Good Hope*, 1900.)

A peine l'étude géologique des formations du Karroo a-t-elle établi l'existence d'une période glaciaire pendant le Trias dans l'Afrique du Sud, que voici, dans le rapport de la Commission géologique du Cap pour 1900, MM. Rogers et Schwarz signalant, à leur tour, l'existence d'un conglomérat glaciaire avec roches striées dans les couches d'âge devonien (Table Mountain Sandstone) des Cederbergen : une chaîne de montagnes qui court parallèlement à la côte de l'Atlantique, au Nord-Est de la colonie du Cap.

Le conglomérat, que, par suite de sa position stratigraphique, il faut rattacher au Devonien inférieur, est constitué par un *Boulderclay* durci, renfermant des galets de quartzite veinés, de quartzite homogène, de felsite et de granite, dont les plus volumineux peuvent atteindre un diamètre de 1 décimètre. La grande majorité de ces galets présentent des facettes avec des stries très caractéristiques. Le conglomérat a été déposé en concordance avec les roches sous et sus-jacentes; on peut donc en conclure qu'il a été déposé sous l'eau, et que les galets auraient été amenés par le transport des blocs de glace provenant d'un glacier voisin.

M. Costorphine, le directeur du Service géologique du Cap, rappelle du reste qu'on a trouvé également des traces de striation glaciaire dans les conglomérats du *Old Red Sandstone* d'Écosse.

Le sol sur lequel on a découvert les traces d'une accumulation glaciaire pendant la période devonienne n'a plus subi d'immersion depuis cette époque éloignée, et c'est à ce point de vue la partie la

plus ancienne du continent africain actuel. Les grès du Table Mountain proviennent de la dénudation des *Malmesbury beds*, et l'on ignore de quelles régions provenaient les sédiments, arénacés et vaseux, constituant cette dernière formation, qui représente le sol de cette partie de l'Afrique pendant les temps prédevoniens. C'est sans doute aussi de cette dernière formation que proviennent les roches striées qui font partie du conglomérat glaciaire devonien des Cederbergen.

V. DE W.

REUSCH HANS. — **La structure géologique du Telemarken.**
(*Naturen*, Bd 27, Bergen, 1905.)

Le district de Telemarken se trouve à l'Ouest de Christiana. Les dépôts algonkiens y représentent une épaisseur remarquable, qui, d'après Dahll, atteindrait au moins 9 500 mètres. L'auteur a représenté, sur une carte, le gisement des quartzites, des roches volcaniques superficielles et des roches ignées profondes qui y correspondent.

Il est manifeste que la période algonkienne a été d'une très longue durée. Il semble qu'il faille remonter aux temps obscurs de la période archéenne pour découvrir l'apparition de la vie sur le globe. Il survint ensuite une étape pendant laquelle l'essor des organismes fut arrêté, et ceux-ci furent détruits pour la plupart. C'est pendant la période algonkienne que les espèces qui étaient parvenues à se maintenir purent se développer pour atteindre la période cambrienne.

V. DE W.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

Conférence de M. le Prof^r Lacroix à la Société de Géographie de Paris. — Les éruptions de la Montagne Pelée et de Saint-Vincent.

Dans une conférence donnée à l'Assemblée générale du 24 avril 1903 de la *Société de Géologie* de Paris, et qui se trouve résumée dans le numéro du 15 mai de la *Géographie*, par M. *Fréd. Lemoine*, M. A. LACROIX, professeur au Muséum, a traité des résultats synthétiques de ses études et observations tant à la Montagne Pelée de la Martinique qu'à la Soufrière de Saint-Vincent.

L'orateur a commencé par indiquer magistralement les grands traits de la topographie et de la géologie de la Martinique. Le sol en est généralement volcanique et le point culminant du relief est la Montagne Pelée, dont le volcan, endormi depuis 1851, s'est réveillé en 1902. Avant l'éruption, ce volcan offrait comme appareil extérieur un cratère, situé sur le revers occidental de la montagne, à une altitude de quelques centaines de mètres au-dessous de l'ancien lac des Palmistes. Les crêtes du Morne la Croix, du Morne Martin et du Petit Bonhomme le bordaient. Ce cratère unique est formé par une ancienne *caldeira*, dont le fond était occupé par l'Étang Sec. On désigne sous le nom de *caldeiras* des cavités abruptes, environnées d'une sorte de rempart conique, résultant d'une explosion exceptionnellement violente accompagnée d'effondrement. Les parois intérieures des caldeiras sont généralement verticales, décelant, comme découpées à l'emporte-pièce, les roches de l'ancien sol. Le rempart conique extérieur est constitué par l'accumulation des matériaux projetés. La caldeira de la Montagne Pelée s'ouvrait au sommet, mais présentait du côté Nord-Ouest une profonde échancrure qui a eu une influence néfaste sur les résultats de l'éruption. Elle est, en effet, dirigée vers Saint-Pierre. De cet unique cratère sont parties, sillonnées d'éclairs pendant les paroxysmes, les projections de gaz et de vapeur d'eau chargée de cendres, de boue, de lapilli, de blocs et bombes que l'on observe dans toute éruption.

En effet, l'éruption actuelle, jusqu'au 31 juillet 1902, date du départ de la mission Lacroix, a consisté exclusivement dans une phase explosive; elle n'a produit aucune coulée de laves. On n'a constaté, en dehors du cratère, ni fente béante, ni changement de niveau du rivage, ni affaissement, ni soulèvement notables dans l'intérieur des terres, ni modifications appréciables des fonds au voisinage de la côte, ni tremblement de terre. Les grandes explosions ont été accompagnées d'une dépression barométrique subite et de petits raz de marée, parfois meurtriers, se faisant sentir jusqu'à Fort-de-France. Les blocs de lave incandescente n'ont été projetés qu'à quelques centaines de mètres du cratère, mais les cendres et les lapilli sont tombés sur toute la

Martinique. La dévastation n'était complète, au 31 juillet, que sur une zone de 2 à 3 kilomètres autour du cratère et sur toute la côte Ouest entre l'îlot de la Perle et les premières maisons du Carbet. Au milieu de la zone dévastée, dans le prolongement de la large brèche ouverte près du sommet de la Montagne Pelée, abondent, dirigées vers le Sud-Ouest, les fumerolles sulfhydriques. Ces fumerolles jalonnent, dans la vallée de la Rivière Blanche, une ligne de fissures se trouvant vraisemblablement sur la prolongation de la fente du cratère. La destruction de Saint-Pierre doit être attribuée, sans doute, à la position de cette fente, profonde échancrure en forme de V, qui s'ouvre vers le Sud-Ouest, au-dessous de la Rivière Blanche, et par laquelle des poussées obliques se sont dirigées en éventail sur la malheureuse ville. Enfin, la direction des fissures se prolonge sous la mer et doit être la cause de la rupture du câble sous-marin français.

Mais, outre ces faits ordinaires, deux phénomènes spéciaux caractérisent l'éruption actuelle. La description de ces deux phénomènes et l'explication de la catastrophe de Saint-Pierre font plus particulièrement l'objet de la conférence. A l'aide de nombreuses projections photographiques, M. Lacroix fait renaître sous les yeux de ses auditeurs ces phénomènes et le déplorable événement qui attriste la France.

Le premier de ces phénomènes est la formation, par accumulation, d'un dôme de lave sur l'orifice de sortie de la bouche souterraine du volcan. Il se produit dans les éruptions de laves acides, trachytes ou andésites; l'intérieur de l'amas est rempli de lave en fusion; celle-ci, à cause de sa faible fusibilité, est très visqueuse. Sa surface est revêtue de blocs qui s'éboulent au fur et à mesure de leur solidification, et qui lui constituent ainsi une sorte de carapace pierreuse. Les dômes trachytiques des volcans éteints du Puy sont de ce genre. Mais c'est la première fois que des savants assistent à ce phénomène.

Grâce à des profils datés avec exactitude, et à de curieuses photographies, M. Lacroix fait assister ses auditeurs étonnés à la naissance et à la croissance de ce dôme de lave. Dès les premiers jours de l'éruption, un amas de laves, que les géologues américains prirent à tort pour un cône de débris, constitué par de la lave compacte et continue, s'est édifié dans l'ancien cratère (Étang Sec). Aujourd'hui ce dôme dépasse la crête de la montagne de 300 mètres. Il s'élevait parfois de plus de 40 mètres en vingt-quatre heures, mais souvent son ascension était compensée par des éboulements. Voici quel est son mode d'accroissement. La lave visqueuse afflue d'abord dans les fissures du cône déjà existant; son incandescence la rend visible la nuit. Ensuite, toute la masse, ou seulement une partie, se soulève avec lenteur. Des aiguilles hérissent sa surface et au sommet se dresse une dent. Vue de la mer, cette dent a la forme d'un obélisque aigu; des bords du cratère, elle est, en réalité, recourbée vers le Sud-Ouest, limitée au Nord, à l'Est et au Sud-Est par une surface cylindrique, polie et striée verticalement par frottement. La face Sud-Ouest, qui ne suit pas régulièrement le lent mouvement d'ascension, s'écrase, prend l'aspect ruini-forme, pendant que la courbure de la dent s'accroît. Ce dôme, que l'orateur a vu surgir des bords du cratère, fait de la Montagne Pelée le plus haut volcan des Antilles; puis élevé au milieu de l'ancienne caldeira, il en comble peu à peu la cavité et s'est déjà soudé à sa paroi occidentale. Ainsi deux types volcaniques différents se sont greffés l'un sur l'autre et se confondront peut-être.

L'autre phénomène, non encore observé scientifiquement, est la production de nuées ardentes, l'un des traits essentiels de l'éruption actuelle. Ces nuées, ou nuages denses à haute température, qui, rasant le sol, brûlent et asphyxient les êtres vivants et détruisent tout sur leur passage, sont produites par une projection de gaz et de vapeurs, entraînant dans une direction plongeante une énorme quantité de cendres et

de blocs ; elles partent actuellement de la base Sud-Ouest de la dent terminale du dôme, dont elles entraînent toujours une portion. Une de ces nuées, observée de la mer, le 16 décembre dernier, marchait à la vitesse de 1 $\frac{1}{2}$ kilomètre à la minute ; ses volutes, arrivées à la mer, s'élevèrent à plus de 4000 mètres. Une heure après l'éruption, l'eau de mer, près du rivage, avait 40° C. ; les 30 centimètres de cendres déposées sur la roche sèche dépassaient 115° C. Sur la cendre sèche, de petites cavités cratériiformes existaient ; la cendre y bouillonnait, entraînant avec rapidité de menus lapilli. Le nuage, à son arrivée sur la mer, à plus de 5 kilomètres du cratère, avait une température inférieure à 230° C., car il n'avait pas fondu une lame d'étain, mais supérieure à 125° constatés quarante-huit heures après l'éruption. A 3 ou 4 milles de la côte, le nuage couvrit un bateau de cendres et de lapilli refroidis. Ces nuages, sortis du dôme en formation, se précipitent à l'extérieur, quand la poussée interne, trop violente, brise les parois du cône fissuré, entraînant un lambeau de ce cône. La nuit, la cicatrice du cône paraît brillante et des blocs s'en détachent encore quand le nuage a été dissipé. Or, tout l'hiver, le trajet de ces nuages denses est resté constamment limité à la vallée de la Rivière Blanche. C'est assurément un phénomène de ce genre qui s'est produit dans les grandes éruptions du 8 et du 20 mai, du 9 juillet et du 30 août 1902. La nuée ardente s'est alors étendue sur une surface beaucoup plus grande que celle ravagée le 16 décembre et s'est dirigée en partie sur la malheureuse ville de Saint-Pierre, déterminant d'abord, parachevant ensuite sa destruction. Ces grandes éruptions, du 8 et du 20 mai, ont été, il est vrai, accompagnées de violentes projections verticales de cendres, de lapilli et de bombes, faisant beaucoup de bruit et jetant la terreur dans l'île, mais n'y causant que de minces dommages. Les nuées ardentes ont été seules vraiment destructives. Elles seules expliquent donc la catastrophe de Saint-Pierre, que M. Lacroix décrit d'une façon intéressante.

Le savant conférencier passe en revue les désastres dus à l'action torrentielle des vapeurs transformées en pluies et des précipitations tropicales. L'aspect actuel de la zone ravagée est celui d'un relief nu, où se creusent les gouffres, les fondrières, les failles profondes. Toute vie a disparu de cette région de la mort. Après avoir complété cet exposé par une comparaison de l'éruption de la Montagne Pelée et de celle de Saint-Vincent, à laquelle il assista, M. Lacroix conclut en ces termes : « A la Martinique, l'éruption du volcan continue ; son régime se maintient constant ; l'élément destructeur principal, les nuées ardentes, persiste. Les flancs de la Montagne Pelée et la zone avoisinante doivent donc rester évacués pendant un temps indéterminé. Mais, cela proclamé et affirmé, il convient de remarquer et de publier hautement que la zone dévastée ou dangereuse n'est qu'une faible partie de la Martinique. Le sort de notre belle colonie, notre joyau des Antilles, n'est donc point désespéré. Sous l'égide de la France, la Martinique veut et doit vivre. Elle vivra ! »

FREDÉRIC LEMOINE.

SÉANCE MENSUELLE SUPPLÉMENTAIRE DU 30 JUIN 1903.

Présidence de M. A. Rutot, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

En ouvrant la séance, M. le *Président* fait part à la Société du décès de M. le comte *Charles d'Ursel*, gouverneur de la Flandre occidentale, et de celui de M. *C.-T. Moulan*, l'ingénieur hydrologue bien connu, tous deux membres effectifs de la Société. (*Condoléances.*)

Correspondance :

M. le *Général Gallieni*, commandant en chef du corps d'occupation et Gouverneur général de Madagascar, envoie, pour la bibliothèque de la Société un exemplaire du très intéressant *Guide-Annuaire de Madagascar pour 1903*, qui résume, dans une mise à jour particulièrement étudiée, la situation actuelle de la colonie au point de vue géographique, ethnologique, agricole, commercial et industriel. (*Remerciements.*)

M. *Imbeaux* fait connaître en détail les expériences à la fluorescéine qu'il a faites à l'occasion de la galerie captante que l'on établit sur le massif bajocien de la forêt de Haye et dont il avait été question à la séance du 16 juin.

M. *Golliez* a fait parvenir une note sur ses recherches relativement à la coloration des eaux souterraines. Il en sera donné lecture ultérieurement.

La *Société de Géographie d'Anvers* et le *Cercle africain de Bruxelles*, d'accord avec la *Société belge des ingénieurs et des industriels*, demandent

le concours de la Société pour la défense de l'œuvre du Congo contre les accusations dont elle est l'objet à l'étranger.

M. *Kilian* annonce, dans une lettre reproduite en annexe à la séance, l'heureuse remise en marche des appareils sismologiques de l'Université de Grenoble.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

4459. ... *Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances. Année 1903.* Tananarive, 1903. Volume in-8° de 846 pages, 2 portraits, 3 planches et 16 photographies.
4460. ... *Observations météorologiques faites au Champ-de-l'Air. Tableaux mensuels.* Année 1902.
4461. *Casse, A. Les sables bouillants. Méthodes nouvelles de constructions dans les terrains aquifères.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 52 pages.
4462. *Cayeux, L. Notes préliminaires : 1° Existence du Crétacé inférieur en Argolide (Grèce). 3 pages. — 2° Existence du Jurassique supérieur et de l'Infracrétacé dans l'île de Crète. 3 pages. — 3° Phénomènes de charriage dans la Méditerranée orientale. 3 pages. — 4° Les éruptions d'âge secondaire dans l'île de Crète. 3 pages.* Paris, 1903. Extraits in-4°.
4463. *Cayeux, L. Sur la composition et l'âge des terrains métamorphiques de la Crète.* Paris, 1902. Extrait in-4° de 3 pages.
— *Sur les rapports tectoniques entre la Grèce et la Crète occidentale.* Paris, 1902. Extrait in-4° de 3 pages.
4464. *Cayeux, L., et Ardaillon, Ed. Preuve de l'existence du Trias en Grèce. Position stratigraphique du calcaire du Cheli.* Paris, 1901. Extrait in-4° de 3 pages.
4465. *d'Andrimont, R. Étude hydrologique du Littoral belge envisagé au point de vue de l'alimentation en eau potable.* Liège, 1901. Extrait in-4° de 41 pages et 15 figures.
4466. *Matthew, C. F. On batrachian and other footprints from the coal measures of Joggins, N. S. New-Brunswick,* 1903. Extrait in-8° de 6 pages et 1 planche.
4467. *Matthew, C. F. Report on the Cambrian Rocks of Cape Breton.* Ottawa, 1903. Extrait in-8° de 246 pages et 18 planches.

2° Extraits des publications de la Société :

4168. ... *Bulletins bibliographiques des séances des 20 janvier, 10 février, 17 mars et 24 avril 1903*. Procès-verbaux de 1903. 43 pages.
4169. de **Brouwer, M.** *Le puits artésien des Aciéries de Terneuzen, d'après les documents laissés par feu le capitaine Em. Delvaux*. Procès-verbaux de 1903. 8 pages.
4170. **Dollfus, G.-F., et Dautzenberg, Ph.** *Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécy-podes*. Procès-verbaux de 1903. (Bulletin bibliographique, par G. Engerrand.) 5 pages.
4171. **Le Couppey de la Forest, M.** *Choix de l'emplacement des cimetières. Exemple des services que peuvent rendre la géologie et l'hydrologie. (Commune d'Asquins, Yonne.)* Procès-verbaux de 1903. 7 pages et 2 planches.
4172. **Leriche, M.** *Les poissons du Paléocène belge*. Procès-verbaux de 1903. 2 planches.
4173. **Rutot, A.** *Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Est de l'Angleterre*. Mémoires de 1903. 55 pages et 1 tableau.
4174. **Simoens, G.** *Observations au sujet de la note de MM. Lejeune et de Brouwer sur le Houiller de la Campine*. Procès-verbaux de 1903. 4 pages.

Communications du Conseil :

Le Conseil a examiné la demande adressée à la Société par le *Comité de l'enquête sur les phénomènes géophysiques de l'année 1902* et tendant à ce qu'une demande spéciale de subside extraordinaire soit adressée au Gouvernement pour pouvoir poursuivre et mener à bonne fin les travaux entrepris.

Étant donné l'arriéré qui existe dans les subsides que la Société doit recevoir de l'État, du chef de la fourniture de son *Bulletin*, subsides dont l'obtention reste douteuse, le Conseil a décidé, avec regret, de ne pouvoir accueillir pour le moment la demande qui lui était soumise et dont la réalisation serait de nature à compromettre la rentrée des subventions gouvernementales normales qui lui font défaut jusqu'ici, et sans lesquelles la situation financière de la Société risquerait d'être compromise.

Le Conseil, ensuite de ses délibérations, a chargé le Bureau de présenter la candidature de *M. de Montessus de Ballore* comme membre associé étranger de la Société.

M. de Montessus de Ballore est un savant des plus distingués, en même temps que l'auteur de nombreux et importants travaux sismologiques. Sa collaboration scientifique est, de plus, acquise au *Bulletin*.

L'assemblée ratifie cette présentation, et il sera définitivement statué sur cette nomination lors de l'assemblée générale de fin d'année.

M. Fievez propose de charger *M. Eug. Lagrange* de représenter officiellement la Société au *Congrès international de sismologie* qui se tiendra à Strasbourg en juillet prochain. — Adopté à l'unanimité.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

MM. MOREAU, ingénieur en chef du service technique provincial, rue des Douze-Apôtres, à Bruxelles;

VAN WEYENBERG, ALPHONSE, capitaine commandant du génie, boulevard Charles Sainctelette, à Mons.

Communications :

M. Kemna fait la communication suivante :

Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (23 au 26 juin 1903).

Le programme de la XLIII^e session annonçait une communication sur la purification des eaux par l'ozone. M. le Dr G. Erlwein, chimiste en chef de la firme Siemens et Halske, s'était chargé de traiter la question. On sait que des procédés assez nombreux mis en avant ces dernières années pour cet emploi spécial de l'ozone, un seul avait été l'objet d'une application réelle : une installation a été faite il y a quelques années à Blankenberghe, près d'Ostende, d'après le système Tindal ; elle n'a marché que quelques mois et n'est plus utilisée. Depuis un peu plus d'un an, il a été fait par Siemens et Halske deux installations en Allemagne : Wiesbaden et Paderborn. Elles ont déjà fait

l'objet de plusieurs communications de M. le Dr Erlwein, et nous avons rendu compte ici même de l'une de ses brochures. Il était donc hautement intéressant de savoir, de la bouche autorisée du chimiste responsable, les dernières nouvelles.

M. Erlwein a limité son sujet à la partie descriptive des installations et à l'action sur les microbes pathogènes; il a laissé de côté la question de la purification chimique.

Beaucoup d'ingénieurs et d'hygiénistes font une objection de principe à tout traitement chimique de l'eau : les réactifs employés demandent à être soigneusement dosés. Pour adoucir les eaux calcaires par la chaux (procédé de Clark), — pour décolorer les eaux tourbeuses par le sulfate d'alumine ou le chlorure ferrique, — pour détruire les matières organiques par le permanganate de potasse (comme on l'a essayé à Alexandrie, en Égypte), par le peroxyde de chlore (Bergé, Ostende), par le chlorure ferrique et le chlorure de chaux (procédé Duyck), il faut ajouter assez de la substance pour produire l'effet voulu. Une économie dans l'emploi se traduit en somme par un gaspillage, car la quantité trop minime est alors employée pratiquement en pure perte. De même, il faut éviter d'employer trop, car non seulement la dépense est inutile, mais cet excès peut être fort nuisible quand il s'agit de substances aussi actives que la chaux, l'acide sulfurique ou le chlore. Voilà pourquoi M. Bergé détruisait le chlore remanant par un filtrage à travers du coke, et il est probable que la même précaution s'imposera éventuellement au procédé Duyck.

L'opération du dosage se complique, avec les eaux superficielles, par la nécessité de suivre les variations parfois fort étendues de leur composition. M. le Prof^r Max Lohest, de Liège, a signalé comme un des inconvénients du filtrage au sable, la nécessité d'un contrôle scientifique permanent, trop coûteux pour les petites localités; or, ce sont surtout ces localités qui sont visées par les exploitants de ces procédés chimiques d'épuration, où fort souvent un contrôle serait nécessaire.

L'ozone présente le très grand avantage qu'un excès ne peut nuire; la combinaison se dissocie spontanément et il ne reste plus que de l'oxygène dissous, ce qui est loin d'être un inconvénient. Mais il y a toujours la possibilité d'une quantité trop faible, par un manquement quelconque au fonctionnement des appareils électriques, assez délicats; et la fausse sécurité pourrait devenir un véritable danger. C'est ce que l'on a fait ressortir il y a quelques années au Congrès de Cassel. Cette discussion semble avoir porté ses fruits, car les deux installations de Wiesbaden et de Paderborn comprennent des dispositifs pour signaler

immédiatement toute insuffisance du courant ozonisateur, pour écarter automatiquement les eaux passant par l'appareil défectueux.

Dans le système Tindal, il y avait une dessiccation préalable de l'air et un refroidissement des électrodes; le rendement en ozone était augmenté, mais ces accessoires compliquaient l'installation et augmentaient le coût. Il n'y avait rien de pareil dans les installations de Siemens et Halske. Mais Tindal ne semble pas avoir eu tout à fait tort, car M. Erlwein a reconnu que la dessiccation préalable de l'air est chose fort utile. On peut donc se demander si la simplicité primitive sera définitive.

La situation à Wiesbaden est la suivante : la ville est alimentée par des sources du Taunus, qui sont, paraît-il, d'excellente qualité, mais en quantité insuffisante. On a donc fait une deuxième canalisation pour de l'eau industrielle, « Nutzwasser » comme disent les Allemands; cette eau est prise au sous-sol par trois séries parallèles de puits le long d'un bras mort du Rhin, près de Schierstein; les variations de niveau du fleuve influent sur la composition chimique et bactériologique de l'eau de ces puits, décrite comme n'étant pas constamment à l'abri de tout reproche. Quelques-uns de ces puits paraissent défavorablement situés et susceptibles de contamination sérieuse.

Il s'est produit à Wiesbaden ce qui se produit un peu partout. Quand on a côte à côte, dans les rues, un tuyau avec peu d'eau, l'autre avec beaucoup, on se demande si on ne pourrait pas supplémenter le déficit de l'un avec le surplus de l'autre. Voilà comment on a songé à ozoniser.

L'installation doit avoir marché convenablement, car la Ville en a fait la réception le 1^{er} août 1902. Mais depuis lors, il y a eu un changement. L'eau du sous-sol est devenue ferrugineuse et l'ozone, précipitant le fer à l'état d'oxyde, la rendait brune et pratiquement inutilisable. Ce résultat aurait pu être prévu, et il est juste de dire que la firme Siemens et Halske avait pris ses précautions; elle s'était fait délivrer une analyse chimique de l'eau par la Ville, renseignant l'absence de fer, et elle avait stipulé que les inconvénients pouvant résulter de la présence de ce métal ne seraient pas à lui imputer. Néanmoins, elle aurait consenti à intervenir dans les frais d'une installation de filtrage, si la Ville n'avait émis des prétentions que la firme a considérées comme exagérées.

Depuis environ la mi-mai 1903, l'installation d'ozonisation ne fonctionne plus, et pour autant que j'interprète bien des renseignements qui m'ont été fournis, l'eau des puits est pourtant employée pour par-

faire le déficit d'eau de source; mais la qualité de l'eau fournie par les puits doit s'être notablement améliorée, tellement qu'une épuration ultérieure par l'ozone est devenue inutile. Cette mise hors de service sera-t-elle permanente, ou est-elle simplement temporaire, rendue possible par la bonne qualité actuelle des eaux? En tout cas, les affaires de Wiesbaden sont en des mains compétentes. M. Halbertsma, qui dirige les services techniques depuis environ un an, connaît trop bien la question des eaux et est trop prudent pour risquer quelque chose.

Ainsi, des deux installations en Allemagne, il n'y en a, pour le moment, plus qu'une seule en fonctionnement; mais il importait de bien préciser que l'installation en repos a cessé de travailler, non à cause de l'inefficacité du système, mais à cause de son inutilité dans des conditions locales spéciales. Voilà pourquoi l'histoire de Wiesbaden a été donné avec quelque détail.

Les premiers essais pratiques d'ozonisation remontent déjà au delà de douze ans, dans la première phase des idées microbiennes du grand public, alors que microbe était, pour beaucoup de bonnes gens, synonyme de mort imminente. Des hygiénistes en chambre réclamaient tout simplement la stérilité universelle, obligatoire, malheureusement non gratuite; superbement, du reste, ils se refusaient à mêler à une question supérieure d'hygiène, cette vulgaire question de gros sous. Les ozonisateurs ont parfois quelque peu exploité ces préventions; eux aussi prênaient la stérilité absolue et se faisaient fort de la réaliser. M. Vosmaer, qui travaille avec de l'ozone à Schiedam et à Nieuwer-sluis (Hollande), s'est entendu rappeler ses anciennes opinions à propos d'une conférence, donnée le 12 septembre 1902, au Congrès de La Haye des ingénieurs d'eau néerlandais, où il avait fait ressortir l'exagération de demander la destruction de tous les microbes, même les non pathogènes. Le président, M. Vogel (Rotterdam), a fait remarquer que deux ans auparavant, à Haarlem, M. Vosmaer avait parlé tout autrement; si la question a changé d'aspect, c'est uniquement parce que les ozonisateurs sont devenus plus modestes dans leurs exigences comme hygiénistes et dans leurs promesses comme techniciens, tout juste dans la mesure où la pratique a montré la limitation du pouvoir bactéricide de l'ozone. M. Vosmaer a franchement reconnu qu'il avait varié; il était un nouveau converti, et ce sont les travaux de Ohlmüller et Prall avec les appareils Siemens qui lui ont montré son chemin de Damas. En Allemagne, du reste, ces exagérations théoriques n'auraient aucune chance de succès.

M. Erlwein, dans sa communication au Congrès de Zurich, n'a même

pas mentionné la stérilisation absolue et s'est borné à citer les expériences démontrant la destruction certaine des espèces pathogènes : choléra, typhus et *coli*, disait un tableau sur lequel mes regards sont tombés de suite en entrant dans la salle. J'ai ressenti une grosse émotion. Tout récemment, Miquel avait déclaré le *coli* pathogène, et, dans mon compte rendu du troisième volume de Montsouris, je l'ai même quelque peu pris à partie pour cette affirmation tout au moins légère. Mais voici les Allemands, les graves Allemands, représentés par un *Herr Doctor* ayant spécialement étudié la question des microbes aquatiques, qui va parler devant des hommes du métier, et qui affirme la même chose. Serait-ce donc vrai ? Dans un rapide ressouvenir passaient devant mes yeux la ville de Zurich avec ses riantes villas, son lac ensoleillé, son cadre de montagnes, et comme Richelieu mourant, contemplant les splendeurs du Palais-Cardinal, je soupirais qu'il faudrait quitter tout cela, non point avec mon billet de retour par chemin de fer, mais dans un linceul, car demain je serais mort ; tous mes co-congrégistes également, qui causaient gaiement dans la salle et n'avaient pas l'air de se douter du sort qui les attendait. Et personne pour nous rendre les derniers devoirs, car l'humanité tout entière y passera ; on ira tous ensemble et ce sera fini. Car enfin, de combien de milliards de *coli* « pathogènes » ne sommes-nous pas, chacun de nous, l'immonde réceptacle ? Ce microbe constant et banal devrait être le tout dernier auquel on pût attribuer des propriétés pathogènes.

J'ai voulu en avoir le cœur net et j'ai, dans la discussion, fait part des tribulations de mon esprit ; j'ai demandé comment le *coli* en était arrivé à être inscrit comme pathogène. M. Erlwein m'a répondu qu'il n'en savait rien, que ce n'était pas son affaire à lui, chimiste, mais bien celle des bactériologistes, dont il s'était contenté de reproduire les bulletins d'analyse ; mais que M. Proskauer, qui avait conduit ces recherches, était présent et me fournirait des explications. M. Proskauer a commencé par déclarer que le *coli* était parfaitement inoffensif et que, pris au pied de la lettre, le tableau pouvait donner une idée inexacte. Pour expérimenter, on a travaillé avec du choléra et du typhus vrais, dans une petite installation ; puis on a utilisé une installation plus grande dont l'eau était employée pour tous les usages. Malgré la plus entière confiance dans l'efficacité de l'ozone, on n'a pourtant pas osé introduire dans l'eau brute des microbes pathogènes ; on a donc substitué au choléra un spirille analogue, mais inoffensif, et de même on a remplacé le typhus par du *coli*, sachant que si on détruit le dernier, on

pourra aussi détruire le premier, un peu moins robuste. Le *coli* doit donc, dans ce tableau, uniquement représenter du typhus.

J'avais bien présumé que telle devait être la raison. En remerciant M. Proskauer, j'ai bien précisé que ma demande d'explications avait uniquement pour but d'éviter tout malentendu ultérieur. Beaucoup de gens ont à s'occuper d'hygiène pratique, par exemple les administrations communales; on ne peut raisonnablement exiger d'elles une compétence absolue, égale à leur zèle; elles courraient le risque de comprendre de travers et de faire ainsi éventuellement beaucoup de mal. Les savants ne sauraient prendre trop de précautions pour être clairs.

Sauf l'exposé sommaire de quelques systèmes de filtration rapide pouvant se combiner avantageusement avec l'ozonisation, il n'y a pas eu d'autres observations sur la communication du Dr Erlwein. La question de coût, notamment, traitée par le conférencier, n'a donné lieu à aucune demande d'explications; elle est pourtant d'une importance majeure. Malheureusement, le temps a fait défaut. La séance qui devait être consacrée, d'après le programme, entièrement à l'hydrologie, a été prise en grande partie par des communications sur le gaz, qui avaient reflué de la veille.

La ville de Zurich est célèbre dans les annales de l'hygiène par l'épidémie de fièvre typhoïde qui, en mars 1884, a frappé en six semaines 2 % de la population. A cette époque, on avait un filtre établi dans le lac même et constamment noyé; l'eau filtrée était amenée aux pompes par un canal en ciment, placé dans le lit de la Limmat, qui traverse la ville. Des travaux de démolition d'anciens quais, pour lesquels on avait employé la dynamite, avaient fissuré ce canal; on trouvait que le filtre donnait un rendement excellent, mais on pompait tout simplement l'eau de la rivière.

La leçon n'a pas été perdue. La conduite en ciment a été remplacée par un tuyau de fonte et l'on a construit des filtres convenables, avec préfiltration ou dégrossissage. Avec une eau aussi claire que celle du lac, ce traitement paraît à première vue une superfétation. Ayant exprimé cette opinion à M. Peter, l'ingénieur, il a fait nettoyer un des filtres dégrossisseurs, marchant depuis vingt-quatre heures seulement; le courant d'eau a été renversé et une injection d'air a mis toute la masse en ébullition: c'était comme du café au lait; on n'aurait jamais cru que tant de matières en suspension pussent être contenues dans une eau aussi limpide.

Comme partout ailleurs, l'introduction d'un filtrage convenable a eu

pour résultat l'amélioration de l'état sanitaire et tout spécialement une diminution notable de la fièvre typhoïde.

Le prochain congrès se tiendra à Hanovre. Pour 1905, il est question d'aller à Amsterdam ou à Anvers; en 1901, on a été à Vienne; en 1903, on était à Zurich; l'Allemagne du congrès déborde donc au delà des lignes fictives qui constituent les frontières politiques. J'ai du reste été frappé du nombre d'ingénieurs hollandais présents à Zurich, de leur facilité à parler l'allemand, tandis que le français leur est bien moins familier; ce n'est point la littérature, mais bien la science qui impose sa langue véhiculaire à l'esprit.

M. Harzé, après avoir remercié M. le *Secrétaire général* d'avoir bien voulu, vu son état de santé, mettre sa communication en tête de l'ordre du jour de la séance, s'exprime comme suit :

CONSIDÉRATIONS GÉOMÉTRIQUES ET AUTRES

SUR LE

BASSIN HOUILLER DU NORD DE LA BELGIQUE

PAR

ÉMILE HARZÉ

Directeur général honoraire des Mines.

PREMIÈRE PARTIE

M. Harzé rappelle que, dans une note datée du 17 février 1902 et publiée dans les *Annales de la Société géologique de Belgique*, il considérait le bassin houiller de la Campine comme constituant un golfe ou une rade, — ce sont ses propres expressions, — dont l'épaulement occidental se dessinait vers la ligne prolongée de Bruxelles-Malines.

Malgré des opinions contraires, M. Harzé penchait à croire à un relèvement de tout le Primaire vers cette ligne, sinon à une faille considérable dénivellant les diverses assises de toute la formation.

Sans abandonner définitivement sa première hypothèse, M. Harzé est aujourd'hui incliné à croire qu'à l'Est de ladite ligne s'est produite non une seule chute de terrains, mais plusieurs de plus en plus profondes. Celles-ci, limitées par des failles Sud-Nord, constituent ainsi une suite de larges paliers étagés les uns sur les autres. Cette conception, qui se relie à sa seconde hypothèse, est conforme à celle présentée par M. Kersten dans la séance du 16 décembre 1902.

Dans sa conférence du 7 mai 1902 à la Société des ingénieurs et des industriels de Belgique, M. Harzé produisit une carte hypothétique du relief du Primaire dans le Nord du pays à toute profondeur, carte basée sur celle tracée par M. Forir d'après l'étude des affleurements de cette formation et de sa rencontre par d'assez nombreux sondages forés à la recherche des eaux alimentaires.

M. L. Mercier, une personnalité éminente parmi les ingénieurs civils de France, qui assistait à la conférence, ayant demandé communication d'une réduction de la carte, s'en servit comme canevas pour porter les recherches, qui étaient concentrées dans le Limbourg, immédiatement au loin dans la province d'Anvers. Et après avoir consulté M. Harzé, il résolut de foncer trois sondages au voisinage de la ligne énigmatique, l'un à l'Est de Lierre, un autre à Santhoven et un troisième, encore plus au Nord, à Oostmalle.

Des terrains furent même acquis, puis se constitua la Société des Charbonnages du Nord de la Belgique, dont les capitaux sont en très grande partie belges.

Il est à remarquer que ces emplacements étaient à plus grande distance des recherches exécutées jusqu'alors en Campine que les premières de celles-ci se trouvaient éloignées des sondages forés dans le Limbourg hollandais et même en certains points du territoire prussien.

D'autre part, la même société fut la première à entreprendre, après le succès du sondage d'Asch, des recherches actives et fructueuses à distance notable de celui-ci vers la Meuse, où, d'après les idées exprimées et reçues, on appréhendait de grands accidents géologiques. Deux sondages furent établis un peu à l'Ouest du canal de Maestricht, l'un sur la commune de Lanklaer, l'autre sur celle d'Eysden. Ces sondages, placés sensiblement dans un même méridien, et dont par conséquent les résultats s'additionnent, ont traversé 805 mètres de stampes houillères, en faisant reconnaître vingt-six couches de 0^m,40 à 1^m,75 de puissance verticale en charbon. Ces couches représentent ensemble une hauteur globale de 17^m,58 de houille, indépendamment de quelques veinettes en dessous de 0^m,40.

Des trois sondages projetés au voisinage de la ligne prolongée de Bruxelles-Malines, celui de Santhoven, étant de position intermédiaire, fut commencé le premier. Il atteignit au commencement de décembre dernier le terrain houiller à la cote — 701. Poursuivi dans cette formation, il y pénétra de 137 mètres et reconnut deux couches de charbon présentant ensemble une puissance utile de 1^m,90.

Dès la mi-avril 1902, la Société avait commencé à Kessel sa

deuxième recherche; il y eut quelques hésitations sur l'emplacement définitif de cette dernière.

Les deux sondages de Beeringen et de Westerloo paraissaient avoir atteint le Houiller à une même profondeur, d'après des renseignements qui furent reconnus plus tard comme non absolument exacts. La droite passant par ces points, prolongée vers l'Ouest, passe un peu au Sud de la ville de Lierre. Aussi, en plaçant la nouvelle recherche à Kessel, à plus de 3 kilomètres au Nord de cette ligne, on comptait, malgré la déviation prévue du gisement houiller, mais vu la distance de la limite présumée de celui-ci au Sud de ces deux sondages directeurs, atteindre tout au moins les assises inférieures du bassin et réaliser ainsi le desideratum exprimé comme suit dans la notice du 10 juin 1902 de M. Harzé : « La recherche de la limite méridionale du nouveau bassin serait d'autant plus utile que c'est en approchant de cette ligne que l'on atteindra le Houiller à la moindre profondeur ... »

La prévision établie fut en partie déçue, en ce sens qu'à la cote — 615, on eut la conviction que la sonde avait pénétré dans le Calcaire carbonifère, non loin toutefois du bord du gisement houiller. Néanmoins, M. Mercier, appréciant avec raison qu'il y avait un grand intérêt scientifique à poursuivre le sondage, ne l'arrêta qu'à la profondeur de 704 mètres. On était entré dans une roche calcareuse gris-rouge, avec inclusions de pyrite cristallisée.

Certes, ces résultats n'étaient pas de nature à encourager la poursuite du sondage de Santhoven, qui avançait péniblement dans des roches extrêmement dures du Crétacique et d'où émergeait une abondante venue d'eau thermale, fortement salée, à émanations sulfureuses et à action laxative. Une analyse fut faite de cette eau.

Cependant, ayant remarqué que la moyenne des pentes des strates du Primaire rencontré à Kessel augmentait avec la profondeur, M. Harzé fut amené à émettre l'avis que le sondage foré en cette dernière localité avait probablement pénétré dans une ondulation convexe et qu'on pouvait ainsi espérer trouver à Santhoven plus de terrain houiller que la position de la recherche en cours d'exécution ne semblait l'indiquer.

Les résultats ultérieurs de cette dernière recherche vinrent heureusement confirmer cette prévision, puisque, ainsi qu'il a été dit, la sonde rencontra le Houiller à la cote — 701 et amena bientôt la découverte de deux couches de houille, dont l'une en une laie de 1^m,40 de puissance et l'autre en plusieurs lits d'une puissance globale utile de 0^m,80.

La teneur utile en matières volatiles du charbon de ces deux couches ayant été trouvée de 19.42 et de 20.52 %, alors que le sondage se

trouve relativement rapproché du bord du bassin, il était particulièrement intéressant de connaître à quel groupe de veines se rapportent réellement les dites couches.

MM. P. Fourmarier et A. Renier, ingénieurs au Corps des mines, voulurent bien, à la demande de M. Mercier, se charger de cette détermination, en usant du caractère paléontologique.

En attendant le résultat de cet examen, M. Harzé croit devoir ranger provisoirement les deux couches dans le groupe inférieur. La teneur du charbon en matières volatiles augmenterait de l'Est à l'Ouest. Mais ce n'est là qu'une hypothèse, que son auteur serait heureux de voir controuvée au profit de la richesse de cette partie du bassin.

Il a été dit que dans les recherches de Kessel, on s'était reconnu dans le Calcaire carbonifère à la cote de — 615 mètres.

Cette cote se prêtait mal au raccordement du Primaire reconnu aux sondages de Bruxelles, de Malines et de Santhoven. Aussi, M. Harzé recourut à l'obligeance de son savant confrère M. Rutot pour savoir si réellement le Primaire avait été atteint au sondage de Malines à la cote indiquée de — 225 mètres et suspendit-il ses essais de raccordement tant que ce doute ne fut pas levé, en même temps que M. Forir opérait sa détermination géologique précise de toute la série des échantillons recueillis au sondage de Kessel.

A peu près à la même date, il reçut de M. Rutot confirmation de la profondeur du Primaire à Malines, pour autant que le permettait l'état déplorable dans lequel lui étaient parvenus les échantillons du sondage foré en cette ville, et de M. Forir, information du fait considérable que voici : à Kessel, le Calcaire carbonifère avait été atteint, non au niveau de — 615 mètres, mais à la cote de — 564 mètres.

M. Forir ajoutait dans sa lettre d'information que l'existence du calcaire à la cote de — 568 mètres était indiscutable, un *Productus cora* ayant été découvert dans l'échantillon correspondant à ce niveau. Dans la suite, M. Forir trouva le même fossile à des niveaux inférieurs au précédent, ainsi que d'autres espèces caractéristiques. A — 617 mètres, après avoir traversé des assises viséennes et tournaisiennes, la sonde pénétra dans le Famennien supérieur (Devonien). Plus bas encore, d'autres assises ont été de même déterminées au point que la sonde serait arrivée dans le Givetien, très près du Siluro-Cambrien. Ce dernier résultat serait à rattacher au fait de l'assise siluro-cambrienne rencontrée au sondage d'Hoesselt.

La belle coupe de Kessel, ajoute M. Harzé, savamment déterminée par M. Forir, est digne de devenir classique dans les cours de géologie.

Il est à remarquer qu'entre les cotes de — 533 et — 615 mètres, la sonde avait traversé, d'après le journal du sondeur, des bancs de silex, des bancs de calcaire avec quartz, puis une assise de calcaire blanc grisâtre cristallin.

Toutes ces roches étaient également résistantes. Aussi les avancements journaliers étaient faibles et sensiblement les mêmes. Ce n'est qu'à partir de — 615 mètres que cette situation se modifia.

C'est sans doute à cette circonstance et à une similitude d'aspect des boues, constatée par M. Forir, que l'entrée dans la formation carbonifère passa d'abord inaperçue, d'autant plus que l'on s'attendait à ce que le Houiller succédât au Crétacique.

D'après le programme de M. Mercier, un troisième sondage devait être foré à Oostmalle.

En raison des résultats connus et d'une nouvelle étude des faits, la recherche fut transférée un peu à l'Est, à Vlimmeren, et commencée dans les premiers jours de février dernier.

Comme les deux précédents, ce sondage est complètement isolé et constitue, avec ceux-ci, les sondages avant-coureurs et éclaireurs de toute la reconnaissance du bassin houiller vers le Nord de la ville d'Anvers et la Flandre orientale.

Situé à 12 kilomètres à l'Ouest de Turnhout, il est le plus septentrional de ceux exécutés ou en exécution en Campine. Il se trouve à plus de 4 lieues au Nord-Ouest du sondage de Gheel, à peu près à la même distance au Nord de celui de Norderwyck et à 2 lieues au Nord-Est de celui de Santhoven. Située à moins de 3 lieues du Brabant néerlandais, cette recherche intéresse également nos voisins du Nord.

Force nous est d'attendre les résultats de cette nouvelle et intéressante exploration.

Comme l'indique la coupe tracée au tableau noir pendant cet exposé, la pente du Primaire varie d'un sondage au suivant. De 8° de Bruxelles à Malines, elle est de 18° de Malines à Kessel et de 12°,5 de Kessel à Santhoven.

Il se peut que la pente continue à diminuer vers Vlimmeren, ce qui serait à l'avantage de la recherche en cette dernière localité. Et qui sait si, plus au Nord encore, on n'arrivera pas à une remonte du Primaire. Dans l'état actuel des choses, c'est à une cote intermédiaire entre — 850 et — 900 mètres que le Houiller paraît devoir être rencontré à Vlimmeren.

Quoi qu'il en soit, si l'on peut comparer, comme l'a fait pittores-

quement le baron van Ertborn, la face du Primaire sous les mort-terrains campinois à un pupitre, ce pupitre est gauchi.

M. Harzé déclare ici devoir, à regret, interrompre sa communication.

Lorsque la détermination de MM. Fourmarier et Renier sera terminée et que les résultats du sondage de Vlimmeren, dont l'avancement a été retardé par un accident, aujourd'hui réparé, seront plus complets et pourront être révélés, M. Harzé pourra mieux parler des failles et aussi des ondulations que le nouveau bassin lui paraît devoir présenter, notamment dans le sens transversal.

Il pourra mieux entrer aussi dans quelques considérations au sujet du passage éventuel de la formation houillère au Nord de la ville d'Anvers et dans la Flandre orientale.

Il remet donc la fin de sa communication à une prochaine séance.

M. Rutot remercie vivement M. Harzé de son intéressante communication et croit devoir y ajouter que le sondage de Malines n'a fait qu'éclairer la question de la rencontre du Primaire, sans cependant la résoudre. Sous les derniers échantillons rencontrés et composés d'oxyde de fer et de chalcopryrite, on n'a plus rien trouvé; il croit savoir qu'un approfondissement aurait été fait sous la dernière profondeur acquise, mais M. Schlagnuylder, présent à la séance et interrogé par M. Rutot sur ce point, le détrompe en faisant connaître que les travaux ont été arrêtés et qu'on ne sait rien de plus que lorsqu'on a recueilli les échantillons de chalcopryrite. Tout le monde, dit-il, est d'accord pour reconnaître que la chalcopryrite, dans notre pays, ne se trouve qu'à la surface du terrain primaire; aussi, il pense que c'est bien le Primaire que l'on a touché à Malines.

M. le baron van Ertborn rapporte qu'au cours de ses sondages dans les environs de Bruxelles, Ruysbroeck et chaussée de Ninove, il a également rencontré de la chalcopryrite, ce qui tendrait à montrer que l'on était évidemment dans le Primaire, sans toutefois pouvoir s'y fier; on a peut-être eu affaire à un relèvement du Primaire, à une ride comme dans le sous-sol de Bruxelles, où une étroite crête cambrienne paraît s'étendre du Sud au Nord, presque en coïncidence avec le thalweg de la vallée. Aussi M. van Ertborn pense que le second sondage en exécution à Malines permettra de vérifier les renseignements fournis par le premier.

M. Rutot donnera connaissance des résultats de ce second sondage

de Malines, car il en obtiendra la série complète des échantillons; il estime que la question du Primaire sera ainsi résolue.

A la suite d'observations présentées par M. G. Simoens, M. Harzé ajoute qu'il ne reviendra pas sur la configuration du bassin houiller de la Campine en forme de golfe, puisque dans sa note du 17 février 1902, il établissait déjà la position approximative de l'épaulement occidental de ce golfe.

Quant à dire qu'il existe des failles dans le bassin campinois, c'est énoncer un fait commun à tous les bassins houillers quelque peu étendus.

L'important, c'est de dire où elles peuvent passer. — Or, jusqu'ici, M. Harzé ne connaît que la faille des roches rouges de M. Stainier, celles de la Meuse, déterminées par MM. Habets d'une part, et par M. Forir d'autre part, la faille salifère de Beeringen de M. Max Lohest, enfin les failles transversales ou obliques représentées par M. Kersten, auxquelles il ajoute quelques autres, notamment celle du sondage de Meerhout. — D'ailleurs, les auteurs des failles ont été, avant la lettre, les sondeurs eux-mêmes, lesquels, malgré la proximité de leurs explorations respectives, arrivaient parfois à des résultats discordants.

En réponse aux observations de M. É. Harzé, M. Van den Broeck fait remarquer que M. Simoens a étudié la Campine au point de vue théorique; il a émis des prévisions découlant de la conception qu'il se faisait de la région, alors que d'autres confrères étudient plutôt la région directement au moyen de documents nouveaux, d'après les éléments, encore très aléatoires, que fournissent les sondages. Enfin, ce n'est ni l'existence, ni le nombre ou la situation des failles que M. Simoens a eus en vue, mais leur mode de formation dans notre bassin du Nord : l'affaissement *vertical* de voussoirs, inégalement descendus.

M. G. SIMOENS demande encore à présenter **quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois**, dont il a fait parvenir la rédaction suivante :

Dans l'intéressant travail de M. le Directeur général des Mines, celui-ci nous apprend qu'une coupe passant par plusieurs sondages forés en Campine ne nous montre pas pour les terrains primaires un plan plongeant uniformément vers le Nord, mais bien au contraire une succession de plans présentant par conséquent à leurs points de contact des différences souvent sensibles d'inclinaison. Ce fait n'a rien d'éton-

nant. Comme j'ai eu l'occasion de l'annoncer (1), j'ai considéré le bassin campinois comme constituant un bassin d'affaissement et non un synclinal plissé dépendant de la chaîne hercynienne; j'ai fait remarquer en outre que ce bassin d'affaissement devait être découpé par une série de failles verticales et transversales, et j'ai attiré l'attention sur le fait, que la présence de ce genre de failles en Campine impliquait nécessairement aussi une succession de dénivellations. On ne peut donc espérer voir le Primaire de nos régions du Nord présenter l'aspect d'une table plane : cela est vrai en partie pour les différents compartiments limités par les failles, mais, dans son ensemble, le sous-sol primaire doit présenter des dénivellations d'autant plus considérables, que la plupart de ces failles, occasionnées par l'affaissement continu du bassin, présentent une importance et une durée de formation en rapport avec l'importance et la durée des affaissements eux-mêmes.

Ces failles ont joué pendant et après le dépôt du Houiller et jusqu'à notre époque, comme je l'ai montré déjà. En effet, le bassin d'effondrement de la Campine n'a pas cessé de s'affaisser depuis le dépôt du Houiller; on en voit la preuve dans l'allure de la base des sédiments correspondant aux grandes transgressions marines, comme par exemple le Crétacé et l'Oligocène. La transgression du Crétacé a nivelé les sédiments antérieurs et, après le dépôt de la craie, l'affaissement, en continuant à se faire sentir, a incliné de plus en plus, vers le Nord, sa base qui, à son origine, devait être sensiblement horizontale.

Les transgressions de l'Éocène ont raboté à leur tour les sédiments antérieurs, dont la base plongeait déjà vers le Nord. L'affaissement persistant toujours, les dépôts horizontaux de l'Éocène se sont inclinés au-dessus de la base de la craie, plus inclinée encore.

La transgression oligocène a nivelé à son tour en une table horizontale les strates antérieures, mais, l'affaissement se continuant, la base de l'Oligocène n'a pas tardé à présenter une pente vers le Nord, surmontant la base plus inclinée des transgressions éocènes et, par conséquent, celle beaucoup plus plongeante encore des sédiments crétacés.

Les inclinaisons moindres que présentent les roches plus récentes prouvent tout simplement qu'elles ont été soumises pendant un temps moins considérable à l'action de descente continue du bassin (2).

(1) G. SIMOENS, *Note préliminaire sur l'allure probable des couches houillères dans le Nord de la Belgique*. BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI (1902), *Proc.-Verb.*, pp. 182-189.

(2) G. SIMOENS, *Quelques mots sur le Bassin houiller de la Campine*. BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI (1902), *Proc.-Verb.*, pp. 637-640.

Les cassures étant fonction de l'affaissement du bassin et cet affaissement n'ayant pas cessé depuis le dépôt du Primaire, les failles ont donc continué à jouer et le terrain primaire doit présenter des dénivellations destinées à devenir de plus en plus sensibles.

Je suis heureux de voir les précieuses observations de notre très savant confrère M. É. Harzé confirmer mes prévisions et démontrer une fois de plus (contrairement à ce que l'on pensait naguère) l'utilité que peut présenter l'étude de la Géologie théorique pour la compréhension de la structure des bassins miniers.

On voudra bien reconnaître qu'après l'exposé que j'avais fait de mes idées sur l'allure des couches et des accidents tectoniques du bassin campinois, il devenait de la plus haute importance d'examiner les résultats fournis par les sondages qui se succédèrent rapidement dans la suite, afin de voir si oui ou non les résultats de ces derniers étaient d'accord avec mes prévisions. Ces prévisions étaient l'expression d'une théorie nouvelle, modifiant un peu les idées reçues jusqu'alors pour l'explication des phénomènes dynamiques dont la Belgique fut le théâtre. La théorie nouvelle que je présentais était le résultat d'études entreprises depuis plusieurs années sur la structure comparée de la Belgique et des régions voisines, et, en 1898, j'exposais au Service géologique, en présence du directeur de l'établissement, les premiers résultats de mes recherches que je me décidai à publier, bien à regret, pour répondre aux explications que je croyais erronées et qui furent proposées au sujet du bassin de la Campine.

Mais on voudra bien croire que je n'en étais pas arrivé à concevoir une théorie nouvelle dans le seul but d'expliquer la constitution de notre bassin du Nord.

Bien au contraire, je m'étais proposé d'exposer, d'après des idées neuves, la structure de l'ensemble de notre sol primaire, en commençant par la région plissée de l'Ardenne pour redescendre ensuite insensiblement vers le Nord, et si, après mes études sur les failles d'Haversin et de Walcourt, j'ai momentanément abandonné l'Ardenne pour la Campine, cela ne constitue dans ma pensée qu'une diversion occasionnée par les discussions qui se firent jour à propos du nouveau bassin et qui me mettaient dans la nécessité d'expliquer celui-ci d'après la théorie dont je m'étais efforcé de fournir une première démonstration dans le Condroz et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse.

J'ai donc émis au sujet de la Campine, et longtemps avant l'exécution des sondages dont on peut faire état aujourd'hui, une conception qui

n'est qu'une application d'une théorie plus générale embrassant la tectonique de l'ensemble du pays et qui reste aujourd'hui pour moi la quintessence de l'immense labeur de ceux qui nous ont précédés. Aussi peut-on se dispenser de répondre quand des praticiens affectent de parler des théories, le sourire aux lèvres. Toutes les découvertes réalisées dans tous les domaines n'ont jamais eu d'autre but que d'établir des théories ou des lois qui sont en dehors des faits, pour la bonne raison qu'ils les dépassent, tout en s'appuyant sur ceux-ci.

Mais celui qui a proposé une théorie nouvelle a tout intérêt à voir si les faits nouveaux, postérieurs donc à la théorie, confirment ou infirment cette dernière. Toutefois, comme je l'ai dit déjà, la théorie, dans le cas présent, n'englobe pas seulement la Campine, mais aussi le massif du Brabant et l'Ardenne, et l'on comprendra l'importance qu'il y a à démontrer, toutes les fois que l'occasion s'en présente, la concordance qui existe entre les faits et la théorie, surtout si celle-ci est destinée non seulement à expliquer la Campine mais encore le reste du pays.

Aussi, je ne comprends pas la portée des objections que l'on cherche à me faire en me signalant les failles observées avant la lettre par les sondeurs et ensuite par nos confrères. Je suis on ne peut plus heureux de toutes ces découvertes, attendu qu'elles fournissent la confirmation de la théorie que j'ai proposée pour expliquer la Campine. J'ai précisé le genre de faille que l'on trouverait dans le bassin du Nord d'après les classifications connues des mouvements de l'écorce terrestre. J'ai déclaré qu'on ne trouverait pas en Campine des failles ou des accidents résultant de mouvements horizontaux. Or, aucun accident de ce genre n'a été trouvé jusqu'à présent.

D'autre part, j'ai annoncé la découverte de failles et d'accidents résultant de mouvements verticaux. Ces failles ont été trouvées, comme nous l'a montré notre savant collègue précité, par les sondeurs et interprétées dans la suite comme telles par plusieurs de nos confrères.

Je songe d'autant moins à revendiquer pour moi des découvertes de failles, que je n'ai jamais songé à suivre un sondage ou à m'en faire délivrer les résultats; je n'ai donc pu découvrir matériellement la moindre faille en Campine. Je me suis contenté d'annoncer leur découverte en expliquant leur direction, leur nature et leur mode de formation, ce qui a été pleinement confirmé par les faits, et cela me suffit.

MM. *O. van Ertborn* et *Van den Broeck* sont d'accord avec M. G. Si-moens pour dire que l'on rencontre souvent dans notre pays, comme

à l'étranger, ces surfaces planes et tabulaires dont parle M. G. Simoens à propos des transgressions marines. Bien entendu, l'affaissement vertical par paquets, se disloquant en massifs diversement enfoncés, peut, ultérieurement, modifier complètement la disposition tabulaire primitive.

M. *Van den Broeck* fait remarquer qu'on a pu, lors de l'excursion au Caillou-qui-bique, sous la direction de M. J. Cornet, observer un cas semblable : la craie reposait là sur une surface dure et rocheuse, tabulaire, parfaitement rabotée et horizontale, de calcaire devonien.

M. *Habets* signale que M. Forir a fait, à la dernière séance de la Société géologique, à Liège, une conférence sur les failles recoupant le Limbourg belge et le Limbourg hollandais, et il a pu montrer qu'elles ne sont pas dirigées de l'Est à l'Ouest ; elles traversent toute la région qui contient des parties surélevées et des parties surbaissées.

M. Forir a fait observer que les mouvements de ces failles se sont poursuivis pendant les périodes secondaire et tertiaire, et se continuent encore maintenant. On ne peut pas les constater aisément dans les terrains récents, ce qui s'explique ; le recoupage des roches au moyen de failles a été démontré par Fourmarier par son étude de la flore du Houiller. Il a pu déterminer les couches de deux sondages en regard et a constaté qu'elles n'étaient pas de même nature ; il a montré nettement par là qu'il y a eu déplacement et, par conséquent, il a pu déterminer là l'existence de failles.

Dans l'Est, les failles sont beaucoup moins nombreuses que dans l'Ouest ; il y a là moins d'irrégularités, ce qui ne semble pas laisser de place à des failles. L'étude paléontologique montre que là les couches seraient absolument régulières.

M. *Van den Broeck* rappelle que lors de son levé, en 1882, de la feuille de Bilsen, il a signalé et figuré une faille coïncidant avec le haut cours, Sud-Nord, du Démer, et maintenant, il croit pouvoir en indiquer une deuxième, formant pour ainsi dire angle droit avec la première : elle accompagne le Démer dans son cours d'aval Est-Ouest.

Il n'est pas impossible non plus que, toujours sur le territoire de la feuille de Bilsen, il en existe encore une autre, parallèle à la première et transversale à la seconde, et qui jalonnerait la vallée du Winter-Beek.

M. *Simoens* est heureux d'entendre dire par M. *Habets* que M. H. Forir, à la dernière séance de la Société géologique, à Liège, a reconnu que les failles de la Campine sont des failles ayant continué à jouer

pendant la série des temps secondaires et tertiaires. Cela confirme pleinement tout ce qu'il a dit antérieurement au sujet de cette descente continue du bassin d'affaissement de la Campine, grâce à un vaste réseau de fractures normales.

M. Harzé. — Alors vous n'admettez pas en Campine un soulèvement venant du Midi?

M. Simoens. — En aucune façon; les failles verticales, donnent suivant une coupe horizontale, l'illusion de décrochements horizontaux; les couches étant obliques, il suffit d'une descente d'une des lèvres de la faille pour donner, après l'érosion, l'apparence d'un refoulement. Il ne peut dans tous les cas être question d'un soulèvement.

M. Habets croit que *M. Simoens* fait une confusion; le nivellement de la chaîne hercynienne montre que les failles se sont poursuivies dans le Nord. Un bassin d'affaissement peut exister en Campine, mais pas pour le Primaire. Si les bassins se sont séparés, après avoir été faits en même temps, c'est par un soulèvement du Brabant.

Contestation de *M. Simoens*.

M. Habets ajoute que si l'on fait une coupe Sud-Nord, on voit que le second bassin, celui de la Campine, est bien la continuation du premier, c'est-à-dire celui du Hainaut. Il est possible que l'on retrouve une grande ondulation vers la Westphalie. Au dépôt du Primaire, tout cela était en forme de table; il y a eu plissement au Nord, mais rien ne donne raison à *M. Simoens* pour dire que, dans le Nord, on se trouve en présence d'un bassin d'effondrement.

C'est ce que *M. Simoens* conteste formellement, et il demande que la chose soit actée, et afin qu'il ne puisse y avoir la moindre équivoque, il rappelle ce que vient de dire *M. Habets*. La Campine serait, d'après ce confrère, un simple pli de la chaîne hercynienne, et le Brabant, intermédiaire entre les deux synclinaux (celui de la Campine et celui du pays wallon), serait un anticlinal soulevé. Tout le système faisant partie de la chaîne hercynienne serait (pays wallon, Brabant et Campine) refoulé vers le Nord.

M. Simoens est d'un avis tout opposé; la chaîne hercynienne s'est écrasée contre le Brabant, formant horst. A l'abri du butoir brabançon, le bassin de la Campine a échappé au plissement. Mais, dès la disparition de l'obstacle, c'est-à-dire du massif siluro-cambrien du Brabant, la chaîne hercynienne a pu, à l'Est et à l'Ouest, se reporter rapidement vers le Nord et s'y étaler en plis largement ondulés par rapport aux plis étroits et écrasés retenus plus au Sud contre le massif rigide.

Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines.

Il est donné lecture de la note suivante de M. le Prof^r H. Gollier :

NOTE

SUR LES

ESSAIS DE COLORATION DES EAUX

de l'écoulement souterrain des lacs de la vallée de Joux

(JURA, SUISSE)

par le Prof^r GOLLIEZ

Le Jura central, dont l'altitude moyenne gravite autour d'un millier de mètres, constitue un plateau plus ou moins accidenté, que découpent profondément trois vallées collectrices, qui sont : le Doubs, l'Orbe et l'Areuse.

Les émissaires conduisent les eaux de ces régions, d'une part dans la Méditerranée par le Rhône, d'autre part, dans la mer du Nord par le Rhin.

Ces parages fournissent de nombreux et remarquables exemples de bassins hydrologiques donnant naissance à des sources d'un caractère spécial, formant rivières dès leur arrivée au jour, sources que le prof^r A. Jaccard demandait que l'on désignât sous le nom de sources jurassiennes.

La vallée de Joux, région d'amont et collectrice de la source de l'Orbe, est, comme je l'ai dit ailleurs, ainsi qu'il suit, avec M. le Prof^r Renévier (1), un type des vallées évasées du Haut-Jura.

Elle est formée de deux synclinaux néocomiens, parallèles, séparés par une mince crête anticlinale de Portlandien, en bancs presque verticaux, qui borde au Nord-Ouest le lac de Joux, et se prolonge en ligne droite jusqu'au fort des Rousses. Dans le plus large de ces synclinaux,

(1) E. RENÉVIER et H. GOLLIEZ, *Voyage géologique dans tout le Jura suisse, de la perte du Rhône au Hohentwiel, etc.* — Voir LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE : *Jura et Alpes de la Suisse*. (Congrès géologique international de Zurich, 1894.)

qui comprend le lac de Joux, il y a des lambeaux de Rhodanien et de Gault. L'Erratique ou l'alluvion occupent le centre de cette vallée.

L'autre synclinal, plus étroit, comprend le lac Brenet et le petit lac Ter, voisin du lambeau de calcaire d'eau douce éocène.

Les eaux de la vallée de Joux n'ont point d'émissaire superficiel, mais s'écoulent souterrainement par une quinzaine d'entonnoirs petits et grands, dont les deux principaux sont celui de *Bonport*, au bord du lac Brenet, et celui de *Rocheray*, vers l'extrémité Nord du lac de Joux. Ces entonnoirs sont alignés le long de la crête anticlinale jurassique et s'enfoncent dans les bancs plus ou moins verticaux du Portlandien.

Les travaux de déblaiement, accomplis récemment à l'entonnoir de Bonport, ont montré que les eaux se sont frayé un passage, tantôt à travers bancs, tantôt entre les bancs en délayant les couches marneuses de manière à former un cours d'eau souterrain. Elles réapparaissent à 3 kilomètres de là, au fond des vallées de Vallorbe, où elles forment la *source vaclusienne de l'Orbe*, située au point bas du synclinal de Brenet-Vallorbe.

Cette communication souterraine était admise depuis longtemps, en raison des conditions orographiques et thermiques de cette source. D'une part, l'écoulement souterrain doit naturellement se produire dans la direction même du plissement des couches. D'autre part, tandis que les sources ordinaires de la contrée ont une température quasi constante d'environ 7°C., MM. Burnier, Ch. Dufour et Yersin (*Bull. Sc. Vaud., Sc. Nat.*, IV, p. 226) ont démontré, en 1854, que la température de la source de l'Orbe varie de 3°,5 à 14°,7C., en corrélation avec la variation de température des eaux du lac Brenet, mais avec une amplitude de 11°C. seulement, au lieu de 20°.

La démonstration expérimentale de cette connexion souterraine a été fournie définitivement par M. le Prof^r J. Piccard, qui a versé dans l'entonnoir de Bonport un flacon de fluorescéine en août 1893; cinquante heures après, les eaux de l'Orbe se trouvèrent fortement teintées en vert (*Actes helv.*, p. 36).

A notre tour, M. le Prof^r F.-A. Forel et moi avons entrepris une série d'expériences plus détaillées encore sur ces intéressantes questions d'écoulement souterrain.

En 1903, nous avons fait ensemble des recherches sur les écoulements souterrains des eaux de ces lacs de la vallée de Joux, dont on peut extraire pour la discussion actuelle quelques données utiles.

La vallée de Joux, qui est une vallée longitudinale synclinale du Jura, possède, comme il est dit plus haut, deux lacs dits : lac de Joux et lac Brenet. Leur altitude à la cote moyenne du miroir des lacs est

de 1 007 mètres. Suivant les crues et décrues, ce niveau varie de 1 006 mètres à 1 009 mètres.

Ces lacs sont, comme il est dit plus haut, sans écoulements superficiels; leurs eaux s'enfoncent dans le sol par les effluents précités, qu'on nomme, dans la contrée, des *entonnoirs*. Ceux-ci sont distribués autour des lacs, sur leurs bords, et l'on a des raisons de croire qu'il y en a encore quelques-uns sous-lacustres, mais leur importance est faible par rapport aux entonnoirs des bords.

Toutes ces eaux viennent s'écouler à Vallorbe, à la source vaudoise de la rivière de l'Orbe, à la cote 783.

Le débit moyen de la source de l'Orbe est de 4^{m3},70 par seconde.

Le débit moyen des entonnoirs des lacs est de 2^{m3},80 par seconde.

Il y a donc à la source un apport d'autres sources représentant 1^{m3},90.

La source de l'Orbe jaillit en un point bas du grand synclinal qui contient les lacs de Joux.

Ce synclinal comprend les terrains englobés entre l'Oxfordien et le Gault. C'est lui qui sert de cuvette pour la circulation de l'eau.

Les eaux des entonnoirs s'infiltrant tous dans le Jurassique supérieur, dans le terrain dit le « Portlandien » sur notre carte géologique de la région. Le niveau imperméable est fourni par les marnes et calcaires marneux de l'Oxfordien.

Toute la circulation souterraine de l'eau est donc comprise dans le Jurassique supérieur, qui représente des calcaires compacts très fissurés de petites fissures capillaires jusqu'à de larges fentes. Ce sont les conditions ordinaires des calcaires du Jura, qui sont trop connues pour que j'insiste.

Nos expériences ont été les suivantes sur deux des plus grands entonnoirs.

I. *Entonnoir de Bonport*, situé au bord du lac Brenet. Distance de l'entonnoir à la source de l'Orbe, 3 kilomètres. Débit de l'entonnoir, en moyenne 1 mètre cube par seconde.

Cet entonnoir a servi de prise de force motrice pour un moulin, grâce à sa grande profondeur. L'eau du lac Brenet peut donc y être réglée par suite de l'installation d'un canal d'amenée et de ses vannes.

Le 28 décembre 1893, les vannes de l'entonnoir ayant toutes été ouvertes, il y fut versé, à 12^h10^m, une bonbonne contenant 13 litres de fluorescéine à 33 %.

Le limnographe, établi à 500 mètres à l'aval de la source de l'Orbe, annonçait la crue de la source deux heures huit minutes plus tard.

Le 29 décembre, à 10 heures du matin, la fluorescéine apparaissait à la source de l'Orbe.

Durée du trajet : vingt-deux heures pour un parcours de 3 kilomètres, soit sept heures vingt minutes par kilomètre.

II. *Entonnoir de Rocheray*, situé au bord du lac de Joux. Distance de l'entonnoir à la source : 11 kilomètres. Débit moyen : 0^m3,400 par seconde.

Expérience sans manœuvre de vannes.

Le 6 janvier 1894, à 11 heures du matin, il y fut versé 17 litres de fluorescéine à 55 %.

Le 18 janvier, à 4 heures après-midi, la fluorescéine apparaissait à la source.

Durée du trajet : douze jours et cinq heures, soit deux cent quatre-vingt-treize heures, c'est-à-dire vingt-six heures trente-six minutes par kilomètre.

Remarque. — Les conditions de cheminement souterrain étant identiques pour les deux entonnoirs, il y a, malgré cela, une grande différence dans la durée du trajet kilométrique. Cela s'explique probablement par la masse d'eau en circulation.

Notre première expérience représente le cas de la circulation de l'eau lors d'une grande crue par abondantes pluies d'été ou par rapide fonte de neiges, qui sont les deux cas extrêmes de cette région.

Lorsque dans l'entonnoir de Bonport on verse de la fluorescéine sans ouvrir les vannes et par un temps d'écoulement normal de l'eau, la durée du trajet de 3 kilomètres est de cinquante heures, soit seize heures quarante minutes par kilomètre, ce qui cependant est très différent des vingt-six heures trente-six minutes de l'expérience de Rocheray.

Dans les deux cas, la coloration de l'eau à la source a duré dix-huit heures.

Écoulement de la fluorescéine dans la rivière de l'Orbe. — Il était intéressant de mesurer l'écoulement de la coloration dans la rivière de l'Orbe le long de son trajet à l'air libre.

Pour cela, les observations de la coloration furent établies à l'embouchure de l'Orbe dans le lac de Neuchâtel, à la petite ville d'Yverdon.

Le trajet kilométrique de la source de l'Orbe jusqu'à Yverdon est de 25 kilomètres. Le débit de l'Orbe à la source est de 4 mètres cubes ; il est un peu augmenté jusqu'à Yverdon par de petits affluents.

Le trajet de ces 23 kilomètres s'est accompli en vingt-cinq heures, soit un peu plus de une heure par kilomètre.

Nous reproduisons ici en annexe le texte d'une communication intitulée : *Le lac de l'Orbe souterraine*, faite par M. le Prof^r F.-A. Forel, le 7 décembre 1898, à la Société vaudoise des Sciences naturelles (t. XXXIV, pp. VII-VIII), et qui fournit des données complémentaires sur les expériences de 1893 relatées ci-dessus et faites en commun par MM. Forel et Golliéz.

LE LAC DE L'ORBE SOUTERRAINE

PAR

F.-A. FOREL (1)

M. F.-A. FOREL étudie l'écoulement des eaux des lacs de Joux dans l'Orbe de Vallorbes. Il se base sur les faits suivants, résultant en partie des expériences faites en 1893 par M. le Prof^r H. GOLLIEZ et lui-même (*Bull.*, XXX, XIV et XVII, Lausanne, 1894).

1° Le 28 décembre 1893, à 12 heures, les vannes de l'entonnoir de Bonport au lac Brenet, jusqu'alors entièrement fermées, furent ouvertes et versèrent dans l'entonnoir une quantité d'eau que des expériences précédentes de M. l'ingénieur Ch. Guiguer-de Prangins font évaluer à environ 0^m3,8 par seconde. Cette masse d'eau s'écoulant par les fissures de la montagne, arriva dans le cours de l'Orbe souterraine et y détermina une crue.

2° M. Forel avait établi sur le cours de l'Orbe, vis-à-vis des usines de la Dernier, à 500 mètres en aval de la source, un limnographe enregistreur qui inscrivit cette crue. Celle-ci commença à 4 h. 30, atteignit rapidement une valeur de 5 centimètres à 3 h. 20, et continua ensuite lentement, pour atteindre une valeur totale de 6 centimètres à 7 heures du soir.

3° La lenteur du développement de la crue, qui n'a atteint son point culminant qu'au bout de cent dix minutes (ou 330 minutes si on la poursuit jusqu'à 7 heures), s'explique par l'hypothèse d'un *lac souterrain* venant aboutir à la source de l'Orbe. L'eau, partie à midi des entonnoirs de Bonport, aura circulé dans des canaux à l'état d'eau courante jusqu'à 4 h. 30, moment où elle a atteint la tête du lac souterrain. Alors a commencé la crue du lac, qui s'est traduite par le plus grand débit de la source

(1) C'est M. le Prof^r F.-A. Forel qui a bien voulu envoyer, comme contribution à la discussion engagée à la Société, cet intéressant document, qui constitue un précieux complément d'information à la Notice envoyée par M. le Prof^r Golliéz.

de l'Orbe. Ce débit exagéré n'a d'abord pas égalé l'apport supplémentaire des eaux venant de Bonport ; le niveau du lac souterrain s'est élevé jusqu'à ce que le débit de la source ait été augmenté d'une valeur de $0^m3,8$ par seconde, et alors seulement la crue est restée stationnaire.

4° L'exploration du scaphandrier Pfund, le 20 octobre 1893, a montré que la source de l'Orbe est le déversoir d'un canal d'eau qui remonte des profondeurs de la montagne. Cet homme est descendu jusqu'à 11 mètres au-dessous de la nappe de déversement de la source, et il a constaté que le canal continuait à descendre. La source de l'Orbe est donc sur la branche ascendante d'un siphon renversé dont l'autre branche aboutit à un lac souterrain. La superficie de ce lac est assez considérable pour que la crue du 28 décembre ait employé au moins cent dix minutes avant d'atteindre sa valeur totale, malgré l'importance du débit supplémentaire de $0^m3,8$ par seconde versé par l'entonnoir de Bonport.

5° Tandis que la crue de notre lac souterrain commençait déjà à se manifester au bout de nonante minutes, l'eau employait un temps beaucoup plus grand pour arriver à la source de l'Orbe. C'est ce que nous apprend l'expérience. Le même 28 décembre, à 12 h. 10, en même temps qu'on avait ouvert les vannes de Bonport, nous avons versé dans l'entonnoir une quantité de $3^{kg},2$ de fluorescéine en solution sodique. Les premiers indices de coloration de l'eau ont été reconnus par nous à la source de l'Orbe le 29 décembre, à 10 heures du matin, soit vingt-deux heures après l'opération de Bonport. Ainsi, tandis que l'eau de Bonport arrivait à la tête de notre lac souterrain en nonante minutes, elle n'arrivait à la source qu'au bout de vingt-deux heures. La différence entre ces deux chiffres, soit 1 230 minutes, est le temps qu'avait employé l'eau colorée pour traverser la longueur du lac souterrain.

6° Nous n'avons pas mesuré le débit de la source de l'Orbe le 28-29 décembre 1893. Il était probablement entre 2 et 3 mètres cubes par seconde. Suivant que nous prenons l'un ou l'autre chiffre et que nous le multiplions par 1 230 minutes, nous arrivons à un volume du lac souterrain de 145 000 à 220 000 mètres cubes.

7° Une preuve de l'existence d'un lac souterrain est donnée par l'apparition, sur le tracé de notre appareil enregistreur, d'oscillations rythmiques que nous devons considérer comme des seiches, analogues à celles des lacs ouverts. Il y en a eu le 27 décembre de 2 à 7 heures du soir, environ six oscillations, et le 28 décembre de 8 heures du matin à 2 heures du soir, environ sept oscillations. Elles sont trop irrégulières pour que j'essaie d'en préciser la durée, qui est supérieure à trente minutes et inférieure à soixante minutes.

8° Le lac souterrain qui se termine à la source de l'Orbe n'est probablement pas le seul bassin d'eau interposé sur le cours de l'Orbe souterraine. Dans une seconde expérience, le 6 janvier 1894, nous avons fait verser à

11 heures du matin 4^{kg},2 de fluorescéine dans l'entonnoir de Rocheray, vers la tête du lac de Joux. La couleur n'a apparu à la source de l'Orbe que le 18 janvier à 4 heures du soir. La très longue durée de ce voyage souterrain de 11 kilomètres qui a employé deux cent nonante-trois heures, ne s'explique que si l'on admet, en amont de notre lac de la source de l'Orbe, une série d'autres bassins étagés sur le cours de l'Orbe souterraine qui s'attarde et y laisse reposer ses eaux.

De ces faits, je conclus que l'Orbe souterraine, la rivière qui recueille le drainage de la vallée de Joux, présente une série de lacs étroits, dont le dernier, de longueur probablement fort grande et de grand volume, aboutit à la source de l'Orbe par la branche ascendante d'un siphon renversé.

M. le capitaine *Rabozée*, à la prière de M. le *Secrétaire général*, assez souffrant, résume en séance la note ci-dessous, de M. *E.-A. Martel* :

S U R

L'EMPLOI DE LA FLUORESCÉINE EN HYDROLOGIE

PAR

E.-A. MARTEL

L'application de la fluorescéine à la recherche des relations entre les pertes de rivières et leurs résurgences, imaginée, je crois, en 1877 par Ten Brink, pour démontrer la communication des points d'absorption du Danube à Immendingen (duché de Bade) avec la *pseudo-source* de l'Aach (tributaire du lac de Constance), a été depuis lors développée par de nombreux expérimentateurs français et étrangers (Ferray, Vincent Doria, Piccard, Forel, Golliéz, Agostini, Marinelli, Vallot, Fournier, Magnin, Van den Broeck, Rahir, etc.) en vue d'étudier la vitesse *d'écoulement des rivières* ou de *propagation des nappes d'eau* tant souterraines que subaériennes.

L'invention du fluorescope par M. Trillat et son perfectionnement par M. Marboutin ont permis, depuis 1899, d'étendre ce mode d'investigation aux travaux relatifs à l'origine et à la protection des sources ou résurgences qui alimentent la ville de Paris; et les trois volumes déjà publiés (1901, 1902, 1903) par la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris

relatent les détails de tous les essais de coloration entrepris, en ces quatre dernières années, dans les bassins alimentaires de l'Avre, de l'Itton, du Loing, du Lunain, de la Laignes, du Loiret, de la Cure, de l'Yonne, de la Vanne, de la Dhuis, etc., par MM. Marboutin, Dienert, Le Couppey de la Forest, Guillerd, etc.

En 1896, j'avais commencé moi-même une longue série de recherches méthodiques sur ce sujet, pour lesquelles, dès 1897, la direction de l'hydraulique agricole de France voulait bien m'accréditer auprès des autorités locales, ingénieurs et agents du service hydraulique. J'ai réalisé jusqu'à présent plus de deux cents expériences (voire même à l'étranger), dont quelques-unes ont été mentionnées aux *Comptes rendus* de l'Académie des sciences. Ces recherches sont de trois sortes : sur les cours d'eau extérieurs, sur les courants souterrains reconnus et accessibles, sur les courants souterrains ignorés ou inaccessibles, de façon à procéder rationnellement du connu à l'inconnu. Je ne me suis pas occupé des nappes phréatiques.

Et l'objet de la présente note est de montrer comment, malgré le grand nombre des essais effectués de toutes parts à l'heure actuelle, il faut considérer la question de la *vitesse de transmission de la fluorescéine* comme non encore résolue, et comment il y a lieu de mettre tous les praticiens qui s'en occupent en garde contre le danger de conclusions trop hâtives tirées de résultats douteux ou incomplets. Le sujet est à peine ébauché.

Tout en renvoyant à plus tard, à un travail d'ensemble en préparation, la discussion complète et l'enseignement définitif à tirer des expériences à la fluorescéine déjà faites ou restant encore à faire, je crois opportun d'indiquer maintenant, d'après quelques exemples formels, ce que l'on doit considérer comme définitivement acquis ou comme demeurant incertain.

1° La solution de fluorescéine se décolore au soleil en moins de vingt-quatre heures dans les bassins d'eau stagnante.

2° A la lumière du jour, sans soleil, la coloration persiste bien davantage et d'autant plus longtemps qu'elle est plus forte. J'ai pu conserver, en plein air et à l'abri du soleil seulement, une solution au 20 000 000^e pendant plus d'une semaine sans décoloration sensible; celle-ci n'est survenue nettement qu'au cours de la deuxième semaine d'observation et a mis plusieurs jours à s'accomplir.

3° Dans l'obscurité complète, telle que la réalisent les cavernes, la conservation paraît indéfinie, au moins dans des tubes de verre et pourvu que la solution originaire soit nettement colorée à l'œil nu.

J'ai ainsi, depuis 1897, des éprouvettes, enfermées, d'échantillons qui n'ont subi aucune altération.

4° Quant à la décoloration de la fluorescéine par le contact ou la traversée des divers terrains, je rappelle que M. Trillat a reconnu (*Comptes rendus*, 13 mars 1899) que la fluorescéine est décolorée par les sols tourbeux, — qu'elle ne l'est point par les sols calcaires pour une solution au 1 000 000^e, — que l'argile donne des résultats intermédiaires, — et que l'eau très dure, à 40° hydrotimétriques, très chargée de carbonate, fait perdre à la fluorescéine un tiers de son pouvoir. Personnellement, je viens de constater, par des expériences de laboratoire, que l'argile alluvionnaire, mêlée, calcaire (d'apport extérieur ou de décalcification locale) de la rivière souterraine de Padirac (Lot), très fortement comprimée, tout en se laissant traverser par l'eau (avec une lenteur extrême, bien entendu), atténue considérablement la coloration fluorescente (même très vive). Sous la pression de 1 atmosphère, l'argile est traversée bien plus rapidement et la décoloration est bien moindre. Il semble donc que celle-ci soit d'autant plus forte que le contact avec l'argile est plus intime et plus prolongé.

Et, d'ailleurs, dans une eau très chargée d'argile jusqu'à être complètement opaque quand on l'agite, l'argile se dépose par décantation, au fond du vase, bien avant que la décoloration ait commencé. Ainsi, la fluorescéine ne se décante pas. Quant au calcaire, mes expériences sont en cours et m'indiquent déjà que l'action décolorante de cette roche est extrêmement faible.

5° La fluorescéine diluée traverse complètement et le simple filtre de papier et même la bougie de porcelaine du filtre Chamberland, système Pasteur, qui arrête les moindres particules d'argile. Il serait intéressant de voir si la coloration n'est pas arrêtée non plus par les systèmes filtrants actuellement préconisés et employés par plusieurs grandes villes.

6° La décoloration (d'après 5°) ne peut donc pas être considérée comme nulle, même en terrains argileux ou calcaires. Et il y a, par suite, inconvénient à employer de trop faibles doses de matière colorante, même si l'on fait usage du fluorescope : beaucoup de résultats négatifs doivent être attribués à l'insuffisance de ces doses ; il est nécessaire que la coloration des eaux souterraines à étudier soit portée à un très haut degré, à cause des risques de dilution excessive, qui sont d'autant plus grands que le séjour dans des bassins de retenue plus ou moins vastes se prolonge davantage (voir ci-dessous). L'objection tirée — contre la coloration forte — des réclamations ou frayeurs des

riverains de résurgences doit céder le pas à la nécessité de procéder pratiquement, maintenant surtout que l'usage de la fluorescéine se répand de plus en plus et que son innocuité est partout reconnue.

7° La vitesse de propagation de l'eau entraînant l'avant-garde invisible à l'œil nu de la fluorescéine ne peut pas être encore l'objet de déterminations précises : il paraît acquis seulement qu'elle éprouve une certaine avance, impossible à évaluer quant à présent, sur l'eau qui véhicule la partie nettement visible à l'œil nu, de la fluorescéine. C'est l'invisibilité des premières molécules de couleur participant à cette avance qui a fait croire, jusqu'à présent, au « retard » de la fluorescéine sur l'eau même, mais MM. Rabozée, Van den Broeck, Schardt et Marboutin m'ont, au cours du débat actuel, rallié à leur opinion sur ce point et je pense maintenant avec eux que le retard n'est qu'une *apparence*. Sous terre, les causes de retard dans la circulation de l'eau sont les suivantes : éboulements rocheux, amas de sables, dépôts d'argile, rétrécissements, siphonnements ou conduites forcées, expansions en bassins ou petits lacs ; en somme, les diminutions de section, les multiplications de frottement et les stagnations prolongées. Combinés dans les cavernes, ces divers facteurs semblent multiplier le retard de la marche de la fluorescéine visible par des coefficients qui demeurent ignorés. Comme minimum de vitesse de l'eau colorée, j'ai trouvé 5^m,50 à l'heure dans la rivière plane de Padirac (Lot), comme maximum 1 050 mètres à Bramabiau (Gard) (soit 150 mètres à 25 kilomètres par jour). Et ce ne sont pas là les extrêmes connus.

Ainsi, il faut bien se garder de généraliser la remarque faite dans le Jura, par MM. Fournier et Magnin (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 6 avril 1903), que la propagation de la fluorescéine « reste en général inférieure à 1 kilomètre par jour ». M. Le Couppey de la Forest a trouvé maintes fois des vitesses de 7 kilomètres par jour. Et il faut avoir soin de distinguer complètement la vitesse de l'avant-garde invisible (de plus en plus diluée au cours de sa marche en avant) de la vitesse du gros bataillon coloré, visible à l'œil nu ; c'est-à-dire que l'on arrivera à des résultats entièrement différents suivant que l'on observera avec ou sans le fluoroscope.

8° La manière de jeter la fluorescéine (quelle qu'en soit la sorte employée) dans l'eau et d'en assurer le mélange avec le courant qui doit l'emporter est tout naturellement dictée par la considération qui précède : selon quelques expérimentateurs, il vaudrait mieux projeter la matière lentement, par toutes petites quantités à la fois, quitte à prolonger l'opération pendant des heures pour obtenir une dissolution

plus complète; selon d'autres, au contraire, il y a lieu de verser la fluorescéine par paquets très rapprochés, dans le minimum de temps nécessaire pour obtenir la disparition complète des grains rouges et un bon brassage de la poudre. Ou bien encore, comme le fait M. Marboutin, en déversant très rapidement une solution très concentrée de fluorescéine, préalablement dissoute dans un seau ou baril d'eau.

Il n'y a pas d'hésitation à préconiser ces derniers modes opératoires : ils produisent au début de l'expérience une coloration évidemment excessive, mais que la diffusion de la fluorescéine en marche atténue progressivement, et qui est rendue nécessaire par la dilution croissante, due au volume toujours grandissant des eaux d'aval par rapport à celui de la fluorescéine. C'est la seule manière d'augmenter les chances de réussite des expériences à longue distance.

9° Il y a deux facteurs d'accélération à l'écoulement des courants souterrains : leur volume et leur pente, celle-ci bien moins active que celui-là, ainsi que le montrent les observations suivantes, établissant nettement que l'accroissement du débit (1) est la principale cause de l'augmentation de vitesse des courants, soit souterrains, soit subaériens :

Le Rhin, à Ragaz (Suisse), avec un débit de 200 mètres cubes par seconde et une pente inférieure à 4 ‰, m'a montré (juillet-août 1900) une vitesse d'entraînement de la fluorescéine de près de 8 kilomètres à l'heure.

Tandis que la Tamina (même localité et même époque), avec 50 ‰ de pente et 9 mètres cubes par seconde, n'arrivait qu'à 50 mètres de vitesse par minute (à cause des obstacles de son lit) et qu'une cascade voisine *verticale* descendait à 25 mètres par minute (à cause de la subdivision de l'eau et de la résistance de l'air).

Sous terre, Bramabiau, dont on connaît tout le parcours interne et où les obstacles sont assez faibles, m'a donné, le 18 septembre 1897, 17^m,50 par minute pour un débit de 5 mètres cubes par seconde et une pente de 15 ‰ (soit 1 050 mètres à l'heure), — et le 13 septembre 1900 seulement 5^m,18 par minute pour un débit trois ou quatre fois plus faible.

10° La majoration de vitesse attribuée par MM. Fournier et Magnin (*loc. cit.*) à l'amidon et au sel, en regard de la fluorescéine, me paraît considérablement exagérée, sujette à vérification minutieuse et dès maintenant contredite par l'expérience saline de Knop à

(1) Conformément aux observations faites sur l'Arve, dès 1890, par M. B. BAËFF. (*Les eaux de l'Arve*, Genève, in-8°, 1891.)

l'Aach (1) et par celles au sel marin et à la levure de bière exécutées par MM. Miquel, Marboutin et Dienert (voir les volumes de la Commission de Montsouris, *loc. cit.*), lesquelles n'ont révélé aucune majoration de ce genre.

11° Avant d'emprunter des conclusions hypothétiques sur la marche des eaux souterraines (soit en nappes, soit en rivières) aux observations *extérieures* faites aux points de perte et de résurgence, il importerait de s'instruire empiriquement, à l'*intérieur* des cours d'eau accessibles, sur les éléments encore mal définis du problème; l'examen détaillé d'une de mes dernières expériences (Padirac), exécutée dans des conditions topographiques et hydrologiques spécialement choisies et favorables, montrera comment on doit procéder pour parvenir à des déductions positives; on y trouvera, en passant, la preuve de plusieurs des remarques précédentes.

C'est toute la série de ces expériences que je me réserve de discuter et analyser ultérieurement, lorsque je les aurai complétées pour mettre la question au point.

12° Le dépôt dans des bassins de décantation, expliqué par M. Le Couppey de la Forest, se trouve complètement contredit par l'étude faite à Padirac et que j'analyse ci-dessous. D'ailleurs, l'absence de décantation n'est pas incompatible avec les faits établis de remise en marche, car certaines causes (une baisse des eaux, par exemple, ou un dédoublement inégal de parcours ou un amoncellement de sable et d'argile, comme celui qui, à Padirac, à la galerie de la Fatigue, émerge complètement en étiage à 1 400 mètres de l'orifice) peuvent isoler un dépôt d'eau colorée dans un bassin momentanément sans écoulement; et alors une *chasse* peut être provoquée ensuite par une de ces véritables *crues souterraines* dues aux subites et abondantes précipitations atmosphériques. Depuis plusieurs années, j'ai reconnu et expliqué le mécanisme de ces crues (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, *passim*), en établissant qu'elles communiquent aux résurgences des variations beaucoup plus brusques et bien plus faciles à comprendre qu'on ne l'avait pensé jusqu'alors.

Il va sans dire que la subite arrivée des infiltrations d'orages parmi les bassins stagnants d'une rivière souterraine fera sur ceux-ci l'effet d'un coup de piston rendant à la circulation la fluorescéine bloquée en

(1) En 1877, transmission en soixante heures, aussi bien pour la fluorescéine de Ten Brink que pour le sel marin de Knop. — Distance : 12 kilomètres; différence de niveau : 173 mètres; vitesse horaire : 200 mètres.

route, et pouvant parfaitement, si la coloration du liquide a été suffisante, l'amener vers une résurgence subordonnée, — soit pour la seconde fois après un intervalle plus ou moins grand si une première portion de couleur, une *préface* ou *avant-garde* en quelque sorte, avait déjà réussi à parvenir jusqu'au dehors (c'est le fait souvent observé des colorations consécutives espacées), — soit pour la première fois si les causes de retenue ont été assez multipliées pour maintenir la fluorescéine prisonnière jusqu'au coup de piston de la prochaine crue. Il n'est pas nécessaire, pour cette remise en marche, que la galerie d'écoulement s'amorce en conduite forcée; l'amenée brusque d'un fort volume d'eau suffit pour la provoquer, même en conduite libre, à condition que son activité l'emporte sur la passivité de l'obstacle.

13° Comme conséquence directe de ce qui précède, il faudrait recommander d'exécuter les expériences à la fluorescéine lors des crues, plutôt qu'à l'étiage, afin d'accroître les chances de résultats positifs : on aurait ainsi l'avantage d'une durée moins prolongée de l'écoulement au débouché; mais il est vrai que de plus grandes et plus dispendieuses quantités de substance devraient être employées et que, parfois, le trouble des eaux d'orage pourrait contrarier l'observation de sortie. En pratique utilitaire, toute recherche devrait être faite dans les trois états : des eaux basses, moyennes et hautes, qui doivent présenter partout des conditions d'écoulement essentiellement différentes.

14° En 1899, M. et M^{me} Vallot, à Chamonix, et moi-même, à Ragaz, nous avons simultanément constaté que les eaux troubles, soit de torrents de glaciers, soit de crues limoneuses, diminuent dans une proportion énorme le pouvoir colorant de la fluorescéine, très probablement à cause de l'opacité communiquée par les particules argileuses entraînées. Mais la décantation, préconisée par M. Trillat, pallie cet inconvénient, puisque l'argile, dans l'éprouvette, se dépose avant la décoloration, même à la lumière du jour (voir 4°).

15° Conformément à la judicieuse observation de MM. Fournier et Magnin, la remise en marche par les crues d'orage peut agir moins rapidement sur la fluorescéine que sur les microbes ou ptomaïnes accumulés dans les bassins de retenue, — si bien que les germes épidémiques peuvent parfaitement atteindre une résurgence (et par conséquent la contaminer) plus rapidement que les colorations destinées à les faire prévoir, surtout si ces colorations n'ont pas été observées au fluorescope (v. ci-dessus).

Voici maintenant ce que peut apprendre, à *titre d'exemple*, une expérience détaillée exécutée et suivie sous terre.

Le 21 mai 1903, j'ai procédé à Padirac à une complexe recherche en plusieurs parties, que j'ai faite moi-même pendant deux jours consécutifs et dont l'examen a été continué sans arrêt jusqu'au 9 juin par M. Tournié, garde principal du gouffre. L'essai a porté sur une longueur de la rivière souterraine égale à 935 mètres, particulièrement bien appropriée par la divergence d'allure des diverses sections qui la composent, et qui sont au nombre de six, ayant donné chacune une vitesse différente :

A. 80 mètres de talus d'effondrement avec dénivellation de 5 mètres dont la disposition intérieure est inconnue; vitesse horaire : 32 mètres.

B. 230 mètres de cours rapide sans profondeur et presque sans obstacle, dans la galerie de la Fontaine, avec dénivellation de 1 mètre; vitesse : 230 mètres par heure.

C. 330 mètres de propagation sans obstacle et sans dénivellation, dans la rivière plane, sur une largeur moyenne de 4 mètres, une profondeur de 3 mètres et un volume approximatif d'environ 4,000 mètres cubes; vitesse : 11^m,60 à 12 mètres par heure.

D. 100 mètres dans un véritable lac atteignant jusqu'à 12 mètres de largeur et 2 mètres de profondeur moyenne (cubant environ 1 000 à 2 000 mètres cubes) en amont d'une *vanne de retenue artificielle*; vitesse : 5^m,50 par heure.

E. 70 mètres d'écoulement en partie siphonnant en partie rapide en aval de la vanne; vitesse : 11^m,66 par heure.

F. 125 mètres dans un lac de 12 à 27 mètres de largeur et 5 mètres de profondeur maximum, composé de plusieurs cuvettes se déversant l'une dans l'autre; vitesse : 7 mètres par heure.

La vitesse de la fluorescéine a donc varié sur près de 1 kilomètre observé entre 5^m,50 et 230 mètres à l'heure et sa marche donne les résultats suivants :

1° La vitesse augmente avec le débit, le talus A n'ayant été traversé qu'en cinq heures (16 mètres à l'heure) avec un débit de 7 à 10 litres par seconde (dans les expériences de 1896 et 1899) au lieu de 32 mètres pour un débit de 20 à 30 litres par seconde en mai 1903 (voir ci-dessous 9°).

2° Son maximum (230 mètres par heure) est dans l'écoulement en ruisseau.

3° Son minimum dans les passages en lacs calmes et points siphonnants (5, 7 et 12 mètres par heure).

4° La diffusion de la fluorescéine et la dilution croissante qui en résulte sont doublement prouvées :

I. Par la plus grande lenteur de la queue (60 mètres en quinze heures, ou 4 mètres à l'heure) dans la section *C*, au lieu de 12 mètres à l'heure pour la tête, soit un ralentissement de deux tiers;

II. Par cette constatation que, jetée en quatre points respectivement distants de 80 mètres (*A-B*), 280 mètres (*B-C*) et 450 mètres (*C-D*), les quatre fractions de fluorescéine, d'abord séparées sur ces distances, se sont rejointes l'une l'autre au bout de trois heures et demie à vingt-deux heures, et se trouvaient, au bout de ces vingt-deux heures, réunies en une seule coloration continue, les intervalles séparatifs étant comblés par la jonction de la tête de chaque section colorée avec la queue de la section suivante.

5° Dans la rivière plane et le lac suivant, sur 450 mètres d'étendue (sections *C* et *D*), la coloration de la queue sous la poussée du courant d'amont a disparu (à l'œil nu et à la lueur du magnésium) sur 60 mètres en quinze heures (1); sur les 370 mètres suivants (en amont d'une vanne), la coloration a persisté, sans changement appréciable, pendant quatre jours; puis elle a diminué, d'abord dans les parties sans profondeur, puis dans les bassins, même creux de 3 à 4 mètres, où la décoloration s'est effectuée progressivement. Elle n'est devenue tout à fait invisible que le 7 juin, c'est-à-dire que la couleur s'est maintenue pendant quinze jours dans un réservoir de 5 000 à 6 000 mètres cubes rempli par elle en trente-six heures environ; — que la décoloration a été progressive, lente et régulière à partir du quatrième jour; — et qu'elle s'est effectuée complètement, *aucun dépôt de matière colorante ne s'étant formé dans le fond et la décantation ne s'étant pas manifestée, malgré l'extrême lenteur du courant.*

6° Pour la section *F*, les bassins étagés qui la composent ont donné le même résultat, mais ont retenu la coloration deux jours plus longtemps (jusqu'au 9 juin), sans accuser non plus, après cette date, aucune trace de dépôt au fond.

7° L'écoulement en quinze jours à raison de 20 à 30 litres par seconde (à supposer que le débit n'ait pas varié dans ce laps de temps) a été de 28 000 à 42 000 mètres cubes. La quantité de fluorescéine employée (750 grammes en tout) correspond donc à un pouvoir colorant (à l'œil nu) de 40 à 60 millions de fois son poids, ce qui est bien conforme aux données admises.

(1) On comprend qu'en cas d'orage et de crue subite, l'augmentation de l'eau d'amont eût accéléré la marche de la queue et maintenu la coloration plus *massée* sur elle-même.

8° En examinant la marche de la tête de la coloration dans les parties les moins rapides (de 7 mètres à 5^m,50 à l'heure), j'ai constaté qu'une fois jetée dans l'eau et bien dissoute par un fort brassage à grands coups d'aviron, la couleur verte se propage en minces ramifications vasculaires et filamenteuses, *tendant plutôt à remonter à la surface*, en tout cas se maintenant entre deux eaux; ce fait corrobore l'absence de dépôt notée ci-dessus, 5°.

Toute cette expérience de Padirac a été faite sur les données à l'œil nu; au fluorescope, elle eût certainement fourni des résultats différents, et M. Marboutin m'a fait espérer qu'il irait prochainement, dans cette rivière souterraine, reprendre les recherches avec le fluorescope, ce qui ne manquera pas d'être fort instructif.

On voit d'après tout ce qui précède — et qu'il faut considérer comme des notes documentaires, pour partie même provisoires, — combien je suis d'accord (sous réserve de la question de la décantation) avec M. Le Couppey de la Forest quant aux restrictions à apporter aux conclusions de MM. Fournier et Magnin. Je répète que je ne me considérerais pas encore comme suffisamment renseigné pour traiter une question qui est loin d'être mûre, et que la présente note a pour double but de donner date aux remarques qu'elle contient et de mettre les expérimentateurs en garde contre toutes déductions précipitées.

Note de M. Rabozée.

En donnant lecture de la Note de M. Martel, M. le capitaine *Rabozée* commente quelques-uns des résultats signalés et discute certaines des conclusions formulées par l'auteur (4). Il ajoute que le retard de la fluorescéine sur l'eau qui la véhicule ne lui paraît nullement prouvé par les faits observés à Padirac. Il pense, au contraire, que ce retard ne peut exister et que la matière colorante doit marcher comme l'eau qui la tient en dissolution. Si l'on a pu croire que la fluorescéine marche moins vite que l'eau, cela doit résulter d'erreurs d'observation et surtout d'une mauvaise interprétation de la définition de la vitesse. L'expression « *vitesse de l'eau* » est en effet vide de sens si l'on ne spécifie pas formellement ce qu'on entend dire par là. Il faudrait

(4) Il est de ces conclusions qui avaient été présentées lors de la lecture en séance, sous une forme et avec des tendances quelque peu différentes de celles de la rédaction définitive de la Note de M. Martel, qui, à la correction des épreuves, a utilement fait profiter son exposé des points acquis par la discussion. Ceci explique ici certaines critiques devenues, par le fait, moins justifiées. (Note du Secrétariat.)

définir — conventionnellement — la *vitesse maximum*, la *vitesse minimum*, la *vitesse moyenne*. Dans un cours d'eau, la vitesse des particules varie en effet non seulement d'une section transversale à l'autre, mais aux différents points d'une même section transversale. Par des dessins faits au tableau, M. Rabozée montre que les différents points situés à un moment donné dans une section transversale ne se retrouvent pas tous en même temps dans une autre section transversale d'aval; ils se trouvent, au contraire, répartis sur une surface — supposée conique pour la facilité de la représentation — dont la pointe se trouve à l'aval, vers le milieu, et un peu au-dessous du plan d'eau, et dont la base est restée en arrière, traînant sur le périmètre mouillé : c'est que les filets d'eau ont, comme on le sait depuis longtemps, des vitesses qui diminuent à mesure qu'on s'approche du périmètre mouillé. C'est précisément parce que la fluorescéine marche avec l'eau, et comme l'eau, qu'il faut s'attendre à voir le liquide coloré pousser vers l'aval une pointe plus ou moins aiguë suivant les circonstances particulières.

De sorte que si l'on colore à un moment donné la partie comprise entre deux sections transversales du cours d'eau, cette colonne ne marchera pas d'un seul bloc; elle s'allongera, la tête prenant de l'avance sur la queue. Si l'on remarque d'ailleurs que, par suite surtout des étranglements, élargissements, coudes, obstacles de toute espèce, certains filets liquides situés dans la zone de maximum de vitesse et prenant ainsi de l'avance sur les voisins, passent, à un moment donné, dans une région de vitesse réduite, on comprendra que la masse colorée se mélange constamment avec l'eau claire qui la précède et avec celle qui la suit.

On conçoit ainsi toute la complication que présente le phénomène de l'écoulement dans les cours d'eau naturels. Mais il paraît certain que les variations d'intensité dans la coloration de l'eau à l'endroit où on l'observe correspondent à des variations de même sens dans les quantités d'eau qui, issues de la masse colorée en amont, passent au point d'observation.

Il est donc nécessaire que les relevés d'expériences se fassent en tenant compte de ces considérations et que les expérimentateurs se mettent parfaitement d'accord sur la signification — plus ou moins conventionnelle peut-être — des termes qui serviront à exprimer les résultats de leurs observations.

Au cours de la discussion qui suit le commentaire ci-dessus de la note de M. Martel, plusieurs membres s'élèvent, au nom des lois de

la physique et de l'hydrodynamique, contre la thèse, si répandue encore, que la fluorescéine pourrait arriver en retard réel sur l'eau.

M. Masson, entre autres, fait connaître que tous les chimistes sont d'accord pour dire qu'une matière en dissolution ne peut être séparée de son véhicule; donc, pour qu'il y ait retard de la fluorescéine, celle-ci devrait se séparer de l'eau, ce qui ne peut avoir lieu. Conséquemment, il ne peut y avoir ni retard ni avance, mais simplement *erreur d'observation* ou sans doute *insuffisance des procédés de perception* du passage de tête de la fluorescéine.

Les données suivantes ont été fournies par M. Imbeaux comme complément aux indications de sa lettre, insérée dans le procès-verbal de la séance du 16 juin.

Note de M. Imbeaux sur une expérience à la fluorescéine dans le plateau de Haye.

Puisque notre cas vous intéresse, voici les détails. Vous savez que nous faisons une galerie captante sous le massif bajocien de la forêt de Haye : elle est représentée par le trait OAB sur le bout de carte ci-joint (voir fig. 1) et elle a près de 2 800 mètres de long, donnant en ce moment (où tous les travaux de descente de l'eau ne sont pas finis) environ 2 000 mètres cubes d'eau aseptique par jour.

En G, près de la ferme de Clairlieu, l'eau de quelques sources amenées dans un petit étang, rentre dans le sol et se perd, à 700 mètres environ à l'amont du passage de notre galerie. Désirant savoir si cette eau arrivait dans la galerie filtrée ou non, nous avons fait trois expériences à la fluorescéine.

Premier essai. — Le 11 octobre 1901, on a versé 100 grammes seulement dans le petit étang, mais pendant cinq jours d'observation, rien n'est apparu dans l'eau des sources rencontrées par la galerie, à 50 mètres en dessous de la surface, ni dans celle des venues plus profondes, au niveau de la galerie elle-même. Le débit des eaux en cet endroit n'est guère que de 6 litres par seconde.

Deuxième essai. — Le 21 octobre 1901. Avec 500 grammes de fluorescéine (dans alcool ammoniacal); prélèvement chaque demi-heure pendant cinq jours; pas de fluorescéine reconnaissable.

Troisième essai. — 18 novembre 1902, en très basses eaux. On avait découvert le canal qui sort de l'étang et se perd à 50 mètres de ce dernier. On s'était ainsi rapproché de la galerie, et c'est là qu'on a versé

100 grammes de fluorescéine lentement, au point de perte. Il n'y avait même pas 1 litre par seconde. On a observé huit jours : rien n'est apparu.

Enfin nous avons fait un *autre essai* sur un puits P, situé à 350 mètres de la galerie et descendant à 60 mètres de profondeur, c'est-à-dire au même niveau que la galerie. Le 15 décembre 1902 (basses eaux), on y jette 100 grammes de fluorescéine : elle persiste dix-huit jours dans l'eau du puits, mais on n'en retrouve aucune trace dans la galerie.



Fig. 1. — CROQUIS GÉOLOGIQUE ET TOPOGRAPHIQUE DE LA RÉGION DU PLATEAU DE LA FORÊT DE HAYE, PRÈS NANCY, OÙ SE TROUVE LA GALERIE DRAINANTE D'EAUX ALIMENTAIRES, OBJET D'EXPÉRIENCES A LA FLUORESCÉINE.

OAB Galerie drainante, longue de 280 mètres.

G Perte des eaux superficielles près la ferme de Clairlieu (700 mètres à l'amont de la galerie).

P Puits descendant au niveau de la galerie (60 mètres) et situé à 350 mètres de celle-ci.

8. Alluvions graveleuses de la vallée de la Meurthe.

7. Bathonien moyen et inférieur (Calcaire).

6. Bathonien inférieur (Calcaire).

5. Bajocien (Calcaire).

4. Toarcien (minéral de fer).

3. — Marnes supraliasiques supérieures.

2. — — — moyennes (et grès médioliasiques).

1. — — — inférieures (et calcaires ocreux).

++++++ Faille.

Ces quatre expériences, jointes au fait que plusieurs analyses bactériologiques trouvent l'eau à peu près aseptique, nous font penser que la filtration se fait bien dans nos calcaires bajociens, ce que je m'explique par le fait que les fissures sont généralement remplies (colmatées) par le produit de désagrégation de la roche, sorte de bouillie de débris rocheux.

M. le Prof^r FOURNIER, de Besançon, donne quelques détails sur une tournée qu'il vient d'effectuer et pendant laquelle il a fait plusieurs expériences de coloration. Dans un ruisseau à l'air libre, la fluorescéine s'est propagée avec une vitesse de 1 kilomètre à l'heure, tandis que la vitesse moyenne de l'eau à la surface, calculée, puis mesurée directement, donnait 3 kilomètres 200 mètres à l'heure.

Dans une autre expérience, le passage de la fluorescéine dans des produits de décalcification du Jurassique a exigé *deux heures* pour une distance franchie de 50 mètres.

Études de M. le Prof^r Fournier dans la région de la source d'Arcier.

(Analyse par M. E. VAN DEN BROECK.)

En réponse à une demande de renseignements de M. le *Secrétaire général* au sujet de la source d'Arcier, M. E. Fournier fait parvenir le petit croquis inédit ci-après de la constitution géologique de la région. Il fournit, de plus, une série de données extraites de ses travaux (1) et qui, complétées pour la publication au *Bulletin* par quelques renseignements qu'a extraits desdits travaux M. Van den Broeck, permettent de se rendre compte des éléments, si exceptionnels et si aberrants, qu'offrent dans ces parages la circulation des eaux souterraines et leurs variations, non soupçonnables sans l'investigation à l'aide des méthodes récentes d'étude par la fluorescéine.

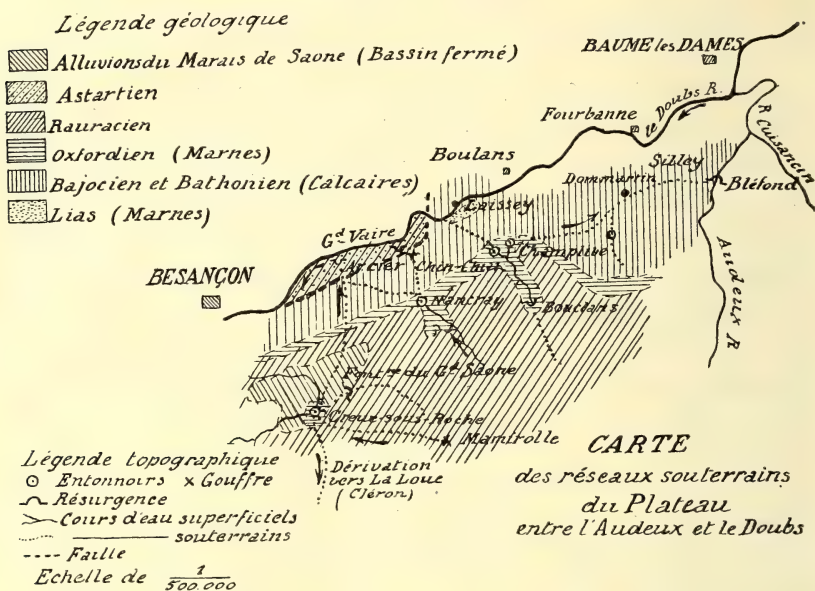
Il s'agit en l'espèce (voir la fig. 1 ci-jointe) d'un plateau jurassique, situé au Sud-Ouest de Baume-les-Dames et compris entre les vallées du Doubs et de l'Audeux, et qui englobe les localités de Nancray, Champlive et Arcier, etc.

Besançon, surtout alimenté par la *source d'Arcier*, se trouve au Nord et dans une boucle du Doubs, à l'extrémité occidentale de la petite carte.

Le plateau susdit est constitué par une série de dépressions peu

(1) Voir notamment : *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris* (13 janvier 1903). E. FOURNIER, *Sur la structure des réseaux hydrographiques souterrains dans les régions calcaires*.

étendues, dépourvues d'écoulement superficiel. En effet, un horizon de marnes imperméables oxfordiennes y forme collecteur de bas niveau pour les eaux météoriques ou fluviales, qui ne s'écoulent que par des entonnoirs traversant les marnes et viennent atteindre, dans le sous-sol, les calcaires fissurés et très perméables du Bathonien et du Bajocien.



Nota. — Ni l'Astartien ni le Rauracien ne sont exclusivement localisés, comme tend à le laisser croire la petite échelle de la carte : le premier terme est toutefois amplement développé dans la région Nord, de même que le Rauracien l'est dans le Sud, sur un espace considérable.

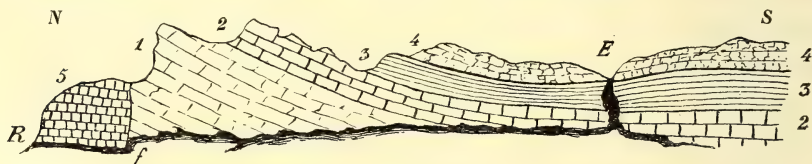


Fig. 2. — COUPE GÉOLOGIQUE N.-S. DE LA RÉGION DES BASSINS FERMÉS AU SUD DU DOUBS, ENTRE BAUME-LES-DAMES ET BESANÇON.

R Résurgence ou fausse source.
E Entonnoir d'absorption.
f Faille.

- 5. Jurassique supérieur. Astartien. (Calcaire).
- 4. — Rauracien (Calcaire).
- 3. Marnes oxfordiennes imperméables (J. sup.).
- 2. Calcaire bathonien. } Dogger (J. sup.).
- 1. — bajocien. }

Du côté du Nord-Ouest, cette série de bassins fermés vient s'appuyer sur les collines de Montfaucon et de la côte de Joux, limitées elles-mêmes du côté de la vallée du Doubs par une grande faille polygonale, qui n'est que le prolongement de la faille de Montfaucon. Cette faille forme une ligne de drainage susceptible de jouer, par rapport aux eaux des bassins fermés, ou du moins par rapport à une partie de ces eaux, le rôle de collecteur.

De l'autre côté de la faille se trouve une bande de terrain plus ou moins plissée, bordée au Nord-Ouest par une faille sinueuse qui peut être considérée comme le prolongement de la faille des Trois-Châtels.

C'est entre ces deux failles et dans un point correspondant à un abaissement marqué des couches que jaillissent les *sources d'Arcier*, qui sortent de galeries creusées dans le calcaire et présentent tous les caractères des sources dites *vauchusiennes*, qui, comme l'a fait depuis longtemps remarquer M. Martel, doivent être désignées, plus exactement, sous le nom de *résurgences*, puisqu'elles ne sont que la réapparition d'eaux ayant déjà présenté un parcours superficiel plus ou moins long (1).

Dans le rapport officiel d'où est extrait l'exposé général qui précède, M. Fournier signale l'existence, au Sud-Est de la faille d'Arcier (ou de Montfaucon), de quatre bassins fermés : bassin de Saône, bassin de Gennes, bassin de Nancray et bassin de Champlive. Le premier d'entre eux, qui déjà à l'époque quaternaire était constitué par des tourbières entourant un lac peu profond, est indiqué très nettement dans le petit croquis ci-joint, par la zone en forme de pointe de flèche des « alluvions du marais de Saône ».

Un vaste entonnoir d'absorption engloutit trois cours d'eau principaux. Deux d'entre eux sont indiqués sur la carte en traits pleins ; le troisième, souterrain dans sa partie d'amont (vers l'Est), n'apparaît au jour que sous forme de résurgence : la fontaine du Grand-Saône.

Le rapport de M. Fournier signale que les deux premiers cours d'eau sont contaminés par des moulins, villages et étangs stagnants. Quant au troisième, dit l'auteur de cette étude, « il passe sous une partie du village de Saône (non marqué sur la carte) et reçoit directement les purins et les infiltrations des fosses d'aisances ». Au Château notamment, les *fosses d'aisances* sont placées directement sur le trajet du cours d'eau souterrain. Après la résurgence de la fontaine du Grand-Saône, ce troisième cours d'eau devient, pendant quelque temps, souterrain, pour venir ressortir près du Creux-sous-Roche, dans lequel il s'en-

(1) Rapport de M. FOURNIER, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Besançon, *Sur les causes de contamination de la source d'Arcier* (Rapport adressé au préfet du Doubs, daté du 12 mars 1902, 12 pages in-4° avec figures et planches).

gloutit. M. Fournier a pu s'assurer, non seulement par des expériences de coloration, mais aussi par l'exploration de cavités intermédiaires, de la continuité du cours d'eau souterrain, entre le village du Grand-Saône et le Creux-sous-Roche.

Si l'on consulte maintenant la petite carte, qui montre la *source d'Arcier*, base d'alimentation de la ville de Besançon, située à 7 kilomètres au Nord-Nord-Ouest du Creux-sous-Roche, et si l'on note qu'une série d'expériences de coloration exécutées récemment en hautes eaux par M. Jeannot a montré, comme nous l'apprend M. Fournier, qu'une partie des eaux absorbées par le Creux-sous-Roche *allaient ressortir à Arcier*, on sera déjà édifié. Et le réseau souterrain de décharge de cet entonnoir absorbant du Creux-sous-Roche ne donne pas seulement lieu à un écoulement partiel vers le Nord, car en 1899, en basses eaux, M. Fournier avait déjà établi, par une expérience effectuée en une période de régime différent des eaux, qu'il y avait, du même point d'absorption, une dérivation souterraine contribuant, à 15 kilomètres vers le Sud, à la constitution de la « source » du Maine, dans la vallée de la Loue, près Cléron : il fallut quinze jours environ pour que ce cheminement vers le Sud pût s'opérer, et pendant tout ce temps les sources d'Arcier, soigneusement observées, ne présentèrent aucune trace de coloration.

La connaissance du réseau s'est enrichie d'un élément nouveau, que le croquis ci-joint figure pour la première fois, d'après les indications de M. Fournier. C'est un cours souterrain assez développé vers l'Est et en communication avec l'entonnoir de Mamirolle et déversant ses eaux dans les profondeurs du Creux-sous-Roche. On voit ainsi la zone de contamination possible s'étendre de plus en plus en des régions qu'à première vue on ne jugeait guère pouvoir se trouver en relation, même partielle, avec la source *alimentaire* d'Arcier.

Le bassin fermé de Gennes, relié pour ainsi dire à la lisière du « marais de Saône », comprend, entre autres entonnoirs et grottes, une profonde cavité en forme de V renversé, ou d'éteignoir, dans lequel en 1871, à la suite d'une épizootie, nous apprend M. Fournier, on a jeté une quantité si considérable de chevaux et de bœufs que les cadavres de ces animaux avaient fini par le combler complètement. Or, les infiltrations de ce gouffre rejoignent souterrainement les eaux de la « source d'Arcier ». Au bout de quelques mois, lorsque les animaux commencèrent à entrer en putréfaction, une épidémie de *fièvre typhoïde* éclata à Besançon ; l'autorité s'en émut et un entrepreneur fut chargé de combler le gouffre.

Dans le premier de ses mémoires exposant ses recherches spéléolo-

giques dans la chaîne du Jura (1), M. E. Fournier rappelle en détail les déboires qui accompagnèrent ces travaux, dont l'importance ressort de ce fait que lors de la descente qu'il fit ultérieurement au gouffre susdit, l'auteur mesura une hauteur verticale de 25 mètres pour le cône d'éboulis s'élevant de la base du gouffre vers son orifice rétréci. Dans son rapport officiel sur la source d'Arcier, M. Fournier dit qu'il ne pourrait malheureusement pas affirmer qu'on ait cessé, d'une façon complète, d'y jeter des cadavres de bestiaux morts, et il ajoute que les eaux du village de Gennes lui-même s'infiltrèrent dans des entonnoirs et dans des fissures qui vont en définitive rejoindre le réseau souterrain d'Arcier, ces pertes étant situées dans le secteur de drainage compris entre le Creux-sous-Roche et l'entonnoir de Nancray, dont il va être question à l'instant.

Le bassin fermé de Nancray (voir la carte) renferme des entonnoirs et des fissures d'absorption dont la communication avec les eaux de la source d'Arcier est connue depuis 1886, à la suite des recherches de M. Jeannot, directeur des eaux de la ville de Besançon. Mille kilogrammes de sel furent jetés par ses soins dans l'entonnoir principal. Après neuf heures et demie, la solution, qui avait apparu après quatre heures à des résurgences différentes (au Grand-Vaire, à environ 4 kilomètres au Nord), était constatée à Arcier (environ 6 kilomètres à vol d'oiseau au Nord-Ouest). Vers la fin d'avril 1894, s'adjoignant trois collaborateurs, dont M. Magnin, le même expérimentateur exécuta une expérience à la fluorescéine et quatre-vingt-treize heures après l'eau arrivait visiblement verte à Besançon, et les résurgences partielles intermédiaires du Grand-Vaire et de Corcelles furent aussi, dit M. Fournier, légèrement colorées.

Le Dr Prieur a fait un historique éloquent des nombreuses épidémies de fièvre typhoïde qui ont sévi à Besançon et cette étude met en évidence les relations de ces épidémies avec de multiples causes émanant régulièrement de la région des infiltrations souterraines à distance. Ainsi l'épidémie de novembre 1893 fut précédée de dix-sept cas de fièvre typhoïde à Nancray. C'est exclusivement dans la zone des habitations de Besançon qui est alimentée par Arcier, — où l'analyse a d'ailleurs fait rencontrer jusqu'à des matières fécales, — qu'est localisée l'épidémie. La récente épidémie de 1901, à Besançon, a coïncidé, M. Maréchal l'a démontré, avec d'intenses précipitations pluviales dans le bassin de Nancray.

Que penser, en présence de faits si précis, de l'indifférence des pou-

(1) E. FOURNIER et MAGNIN, *Recherches spéléologiques dans la chaîne du Jura* (2^e campagne 1899-1900). Première partie : *Grottes, Résurgences et Gouffres*, par E. FOURNIER. *Mém. de la Société de Spéléologie*, t. IV, n^o 23, pp. 22-52.

voirs publics, dont le rapport officiel de M. Fournier donne d'étourdisants exemples? Tout d'abord, le collaborateur de M. Fournier, le professeur *Magnin*, avait depuis longtemps signalé la situation, même depuis une époque où l'origine hydrique de la fièvre typhoïde était encore fortement contestée. Ses observations, transmises au Conseil central d'Hygiène, furent tronquées et même supprimées! Une demande d'établissement, à Nancray, d'une porcherie de quarante animaux fut appuyée avec une déconcertante sérénité, non seulement par le conseil municipal de cette localité-crible, mais approuvée par le Conseil d'Hygiène. L'année suivante, une Commission envoyée à Nancray dut constater qu'aucune des prescriptions relatives au déversement des purins et résidus divers n'était observée dans cette localité. Mis en demeure, en 1899, d'exécuter les travaux nécessaires, le maire de Nancray répondit par de simples dénégations et déclarations contraires à la réalité des faits les plus déplorables.

En 1901, à la suite de plaintes motivées par la porcherie, une nouvelle Commission constata que les fumiers de cet établissement ne se trouvaient nullement en fosses étanches et que les immondices allaient, sinon droit, du moins sûrement au ruisseau de Nancray. On reconnut du même coup que la laiterie de Nancray était « tout à fait déplorable » au point de vue de la contamination des eaux. C'est seulement dans le dernier trimestre de 1901 que des mesures d'amélioration, très relatives, furent prises d'office, malgré les protestations du maire, qui écrivait au préfet « que l'eau restant neuf heures pour faire la traversée jusqu'à la source d'Arcier, a assez de temps, *selon l'avis des médecins*, pour se dépouiller de toute souillure ». On croit rêver!

Le petit croquis fourni par M. Fournier montre au Nord de Nancray, et indépendamment de la communication souterraine vers la source d'Arcier, le gouffre de Chin-Chin, près du village et de la résurgence de Grand-Vaire. C'est une cavité verticale d'environ 55 mètres de profondeur, vers le bas de laquelle s'ouvre dans la roche une sorte d'aqueduc avec ruisseau souterrain, siphonné après une cinquantaine de mètres. Suivant l'usage, on jette quantité de bêtes mortes dans ce puits, et, lors des pluies, les eaux s'élèvent, entrent dans l'aqueduc et, chargées d'extraits de charognes, vont contaminer le ruisseau souterrain.

Une récente exploration, en mars 1901, pendant laquelle M. Fournier, accompagné de nombreux élèves, étudia le mécanisme d'arrivée et de disparition du ruisseau, eut pour résultat de faire apparaître, après quatre heures et demie de trajet souterrain, la fluorescéine jetée dans le ruisseau souterrain du gouffre, à 6 ou 700 mètres de là, dans des sources... captées pour l'alimentation de la commune de Grand-Vaire. Les

habitants qui ont alors vu l'eau verte couler pendant trente-six heures dans leurs fontaines, ont pu s'assurer ainsi qu'en période de pluies et crue tout au moins, leurs eaux alimentaires constituent un bouillon nutritif dont les éléments sont constitués par les charognes qu'ils jettent eux-mêmes avec désinvolture dans le gouffre de Chin-Chin. Aussi le maire s'est-il empressé, devant cette leçon de choses, de prendre un arrêté interdisant de jeter des animaux ou des immondices quelconques dans le gouffre. Le bassin fermé de Champlive renferme notamment les deux entonnoirs figurés sur la petite carte ci-annexée et dans lesquels viennent se perdre les eaux d'un ruisseau partie souterrain partie aérien, dont la résurgence est indiquée à Bouclans. On utilise les eaux de l'un de ces entonnoirs à l'aide d'une machine élévatoire, les faisant remonter jusqu'au village de Dommartin (voir la carte). Une expérience à la fluorescéine, ayant affecté 280 000 mètres cubes d'eau, n'a fourni aucune coloration à Arcier. Ce résultat négatif ne veut pas dire toutefois qu'il n'y ait pas communication dans de certaines conditions.

Dans l'édition de sa petite carte jointe au rapport officiel sur la source d'Arcier, M. Fournier adoptait, de même que dans son texte, l'idée d'une communication, restée un peu douteuse cependant, entre l'entonnoir occidental de Champlive et le gouffre de Chin-Chin. Mais dans la carte remaniée en vue de sa publication dans notre *Bulletin*, M. Fournier croit plus correct d'abandonner l'hypothèse de cette communication et de n'admettre de déversement souterrain démontré de l'entonnoir Ouest de Champlive, que vers le Doubs, en aval de Guissey.

L'exposé qui précède des observations, recherches et expériences de M. Fournier et de ses amis, et la petite carte qui l'accompagne, montrent combien sont, en réalité, compliqués, anastomosés et *variables* les courants souterrains qui parcourent les cavités et fissures des terrains calcaires.

Dans sa note du 13 janvier 1902 à l'Académie des Sciences de Paris, M. Fournier, après avoir sommairement rappelé ses expériences dans les bassins fermés de Saône et de Nancray, en tire des conclusions qui sont assurément d'application très générale.

Il résulte de ces constatations, dit l'auteur :

1° Qu'une même perte d'eau peut alimenter des ruisseaux souterrains appartenant à deux bassins différents ou ayant des exutoires éloignés. Exemple : le Creux-sous-Roche, qui déverse ses eaux vers la Loue et vers Arcier ; l'entonnoir de Nancray, qui les déverse vers Arcier et vers le Grand-Vaire ;

2° Qu'une dérivation vers un exutoire peut se produire en eaux fortes et eaux moyennes, et ne pas se produire en eaux basses ;

3° Que les réseaux hydrographiques souterrains des terrains calcaires sont anastomosés d'une manière parfois très complexe, comme le montre d'ailleurs le croquis topographique ci-annexé.

La même note de janvier 1902, à l'Académie, fournit encore des preuves complémentaires de cette complexité et de ces variations. Ainsi le gouffre du Gros-Gadeau, près de Salins, qui engloutit un ruisseau, a reçu, le 26 mai 1901, 1 500 grammes de fluorescéine en temps de fort débit. Deux jours après, les eaux nettement colorées s'observaient dans les fontaines de Saizenay, à quelques kilomètres de là, vers le Nord-Est.

En eaux basses, une expérience similaire n'a pas coloré les eaux de Saizenay, mais par contre a fortement affecté les eaux d'un ruisseau situé en aval.

Le phénomène des réapparitions de la fluorescéine au moment des crues a aussi été net pour M. Fournier et est rappelé dans la même note. « L'entonnoir de Clucy, près Salins, ayant été coloré une première fois en eaux basses, la coloration ressortit très faible à la source de Gouaille, située en aval. Une huitaine de jours après, à la suite d'une crue, la coloration réapparaissait à Gouaille avec une intensité beaucoup plus grande. Une deuxième expérience permet de constater le même phénomène. Enfin, tout récemment, dans les expériences]de coloration de Saône, nous avons pu constater la réapparition de la coloration au bout de dix jours, à la suite d'une crue. »

« Ces constatations, ajoute l'auteur, ont une importance capitale au point de vue de l'hygiène; elles démontrent qu'en basses eaux les produits des infiltrations de surface s'accumulent dans des galeries réservoirs, momentanément isolés du réseau souterrain. Dès que les eaux augmentent, ces galeries réservoirs viennent déverser leurs produits, dangereusement contaminés, dans l'émissaire principal du réseau.

» *Conclusions.* — Les réseaux hydrographiques souterrains des régions calcaires sont donc tous dans un cycle *excessivement instable*, ils sont *anastomosés*, leur régime varie constamment, en même temps que varie l'intensité des précipitations atmosphériques; les phénomènes de capture peuvent s'y produire avec une grande facilité; en outre, il existe dans ces réseaux des cavités réservoirs qui ne se déversent dans le réseau principal que pendant les crues. La qualité des eaux d'origine vauclusienne est donc essentiellement variable comme leur régime, et, dans la plupart des cas, on doit les écarter d'une façon absolue dans tous les projets d'alimentation en eau potable. »

La séance est levée à 10 h. 40.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 30 JUIN 1903

La station sismique de Grenoble (1).

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

FACULTÉ DES SCIENCES

DE GRENOBLE

LABORATOIRE

de Géologie et de Minéralogie.

Je suis heureux de vous faire connaître que les appareils sismologiques de la Faculté des sciences de Grenoble viennent d'être remis en marche; j'ai appris, en effet, que des bonnes volontés privées se sont émues de l'état de choses actuel et je pense qu'elles me permettront de réunir les sommes nécessaires au fonctionnement de ces appareils. D'autre part, l'Université de Grenoble ne me refusera certainement pas son appui, si je crois devoir y recourir.

Le Conseil de l'Université de Grenoble verrait en effet avec peine se produire une interruption dans les observations sismiques faites dans mon laboratoire. L'Université ne m'a refusé aucun crédit à ce sujet; je n'avais pas cru devoir en solliciter d'elle et m'étais adressé seulement aux corps savants de la capitale.

Le fonctionnement du laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble, l'entretien et l'accroissement de ses collections constituent la partie normale du service que je dirige et qui a produit déjà de nombreux travaux. Le Conseil de l'Université a toujours, dans la faible mesure où il le pouvait et tout en regrettant vivement de n'être pas à même de le faire d'une façon plus large, soutenu de ses subsides l'enseignement et les recherches faites dans ce laboratoire. Estimant que l'entretien du service sismologique ne constituait pas une dépendance nécessaire et normale de la chaire de Géologie, que son utilité était plutôt nationale que régionale, au même titre que les observations météorologiques par exemple, et qu'à l'étranger les stations sismologiques ont une organisa-

(1) Voir les procès-verbaux des séances des 21 avril 1903 (Annexe), pp. 142-145, 16 juin 1903, p. 217, et 30 juin, p. 316.

tion spéciale et indépendante, je n'ai pas cru devoir ni pouvoir demander au Conseil de l'Université de Grenoble de consacrer à ce service une partie des ressources déjà si restreintes dont il dispose, et j'ai pensé pouvoir intéresser d'une façon effective au maintien d'observations dont l'intérêt a été mis en lumière dans le cours de ces dernières années, les milieux scientifiques de la capitale. Devant l'insuccès de mes démarches, j'avais dû cesser d'entretenir le sismographe de la Faculté, pour ne pas engager des crédits dont je n'avais pas la disposition.

W. KILIAN,

Professeur de Géologie à l'Université de Grenoble.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

ÉMILE HAUG. — Sur deux horizons à Céphalopodes du Devonien supérieur dans le Sahara oranais.

On connaît aujourd'hui, dans le Sahara oranais, grâce aux explorations de M. Gautier, deux niveaux fossilifères du Devonien supérieur, nettement définis par des faunes riches et bien caractéristiques. Leurs affinités paléontologiques avec des couches du même âge de l'Allemagne centrale sont tout à fait remarquables et accentuent encore le caractère « hercynien » ou mieux « armorico-varisque » des chaînes paléozoïques du Sahara septentrional, sur lequel plusieurs auteurs ont déjà insisté.

V. DE W.

(Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 6 juillet 1905.)

W. BOYD-DAWKINS. — Une caverne ossifère d'âge pliocène à Dorcholes, Buxton (Derbyshire).

La caverne de Dorcholes se trouve dans une carrière de Calcaire carbonifère située sur un plateau dont les eaux coulent d'un côté vers le Mersey, de l'autre vers le Derwent. Le calcaire présente des cavités (*swallow holes* ou *swallets*) qui sont pour la plupart remplies d'argile et de limon, avec des débris d'ossements de mammifères. Ceux fournis par la caverne de Dorcholes appartiennent aux espèces suivantes : *Machairodus crenatidens* Fabrini, qui se rencontre aussi dans le Pliocène supérieur du Val d'Arno et dans celui de l'Auvergne. M. le Prof^r Boule considère le *Machairodus crenatidens* comme l'ancêtre

pliocène du *Machairodus latidens*, qui a vécu pendant le Quaternaire. *Machairodus crenatidens* n'avait pas été rencontré jusqu'ici dans les terrains pliocènes de l'Angleterre. *Felis spelea*, *Hyæna* probablement *arvernensis* Croizet et Jobert, *Mastodon arvernensis* Croizet et Jobert. Des dents molaires indiquent les espèces suivantes : *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis* Nesti, *Rhinoceros Etruscus* Falconer, *Equus Stenonis* Nesti, *Cervus Aueriarius* (?) Croizet et Jobert.

Toutes ces espèces se retrouvent dans les dépôts d'eaux douces du Pliocène supérieur d'Auvergne et du Val d'Arno. En Angleterre, *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis*, *Equus Stenonis*, *Rhinoceros Etruscus* (?) se retrouvent aussi dans le Red Crag. Par contre, cette faune se distingue de la faune quaternaire par l'absence des animaux qui ont occupé l'Europe pendant le Quaternaire, tels l'Ours des cavernes, le Mammouth, le Rhinocéros poilu et les espèces paléarctiques encore vivantes actuellement. Dans le *Forest Bed*, on retrouve les deux catégories mélangées.

Une carte instructive accompagne ce travail. L'Irlande, l'Angleterre, les Feroe et les Shetland sont réunies et forment une presqu'île rattachée au continent par le pays occupé actuellement par le Pas-de-Calais et la Manche. Cette presqu'île s'étendait beaucoup plus à l'Ouest que la côte irlandaise actuelle, de même que la côte atlantique pliocène des contrées dont la partie encore émergée aujourd'hui forme maintenant la France et l'Espagne.

V. DE W.

(*Quart. Journ. of the Geological Society*, vol. 59, n° 254, mai 1905.)

Commandant O. BARRÉ. — **L'architecture du sol de la France, essai de géographie tectonique** (librairie Armand Colin, Paris, 1905).

Le livre du commandant Barré se distingue par les qualités éminemment françaises de clarté et d'élégance dans l'exposition des questions les plus complexes. Il nous présente un tableau de la tectonique du sol de la France, afin de nous permettre de comprendre les dispositions géographiques actuelles du pays. Malgré l'aridité et la complication du sujet, la lecture du livre est réellement attachante, et de plus elle est des plus instructives. Ce résultat doit être attribué aussi aux nombreuses et excellentes cartes qu'on a fait figurer dans le livre. Sans elles, la lecture du travail serait difficile, sinon impossible, à

moins qu'on ne possède à fond la géographie physique du pays, ce qui n'est pas toujours le cas, surtout pour le lecteur étranger. Nous nous faisons un plaisir de déclarer que la lecture de ce livre de géologie géographique nous a initié, mieux que tout autre, au sujet, passablement compliqué, de la géographie physique de la France, et qu'il sera de la plus grande utilité à propos de l'étude des travaux spéciaux de géologie de la France, surtout pour le lecteur étranger, qui n'a pas toujours le moyen de s'orienter dans les détails de géographie trop locaux pour qu'on les retrouve dans les atlas ordinaires.

L'auteur commence par exposer d'une façon générale l'état de l'Europe occidentale au moment de la formation des plissements hercyniens, et à ce sujet nous devons signaler les cartes 33 et 39, où ces plissements sont représentés, et qui figureraient avec utilité dans tout traité de géologie générale devant paraître en Europe. Partant des affleurements superficiels de l'ancienne Europe hercynienne et des modifications que le ridement alpin y a apportées, en donnant à l'Europe son relief actuel, l'auteur étudie successivement : 1° la région du Nord et du Nord-Ouest; 2° la région du Nord-Est; 3° la région du Sud et du Sud-Est; 4° la région du Sud et du Sud-Ouest; 5° la région de l'Ouest; 6° la région centrale, et enfin 7° la région des côtes, à laquelle un chapitre spécial a été consacré.

Au lecteur belge, nous recommandons surtout les chapitres II et III, qui traitent des régions de la France confinant à notre pays, et qui prouvent une fois de plus que, pour faire la géologie de la Belgique, il faut se garder de localiser les études à notre petit domaine, au risque de se perdre dans une spécialisation étroite et stérile. Nous nous plaçons aussi à signaler le chapitre du Sud et du Sud-Est, qui traite de la géologie du Rhône et des Alpes françaises. Nous y trouverons plus d'une indication intéressante sur une question encore obscure, celle de l'ancienne *Tyrrhénide*, dont les fragments encore accolés à la Basse-Provence constituent les chaînes anciennes des Marnes et de l'Esterel, et dont les parties effondrées à une époque récente ont donné naissance à la partie de la Méditerranée qui baigne la côte méridionale de la France et la côte occidentale de l'Italie.

Du reste, tous les chapitres du livre sont traités avec la plus grande compétence, et le lecteur qui voudra l'étudier y trouvera autant de plaisir que d'instruction, et il y retournera souvent pour le consulter, ou pour remettre au point sa mémoire géologique, en jetant un coup d'œil sur les nombreuses esquisses géologiques qui ont été réunies dans cet ouvrage.

V. D. W.

SÉANCE MENSUELLE DU 14 JUILLET 1903.

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 45.

En ouvrant la séance, M. le *Président* rend hommage à la mémoire de M. A. Renard, dont les funérailles, imposantes dans leur simplicité, ont eu lieu le 12 de ce mois. M. Renard fut l'un des membres fondateurs de la Société et fut appelé aussi à occuper le fauteuil de la présidence de celle-ci. Il est l'auteur de nombreux travaux publiés dans le *Bulletin*, et c'est à lui que l'on doit l'introduction dans le pays de l'étude microscopique des roches. Son décès constitue une véritable perte non seulement pour le monde scientifique, mais aussi et principalement pour la Société belge de Géologie, où il occupa une place marquée et qui sera difficilement comblée.

M. le *Président* exprime l'espoir que, bien que les intentions du défunt fussent de déclinier tous honneurs et discours, il se trouvera parmi les membres de la Société quelque confrère ayant à cœur de retracer la vie et les travaux de l'érudit et regretté défunt.

Des condoléances ont été adressées à sa veuve au nom de la Société.

Correspondance :

M. Royers, ingénieur de la Ville d'Anvers, fait connaître que la demande de subside adressée par la Société au *Gouvernement provincial* d'Anvers a été admise à l'unanimité en première section; il émet l'espoir que cette affaire pourra recevoir une solution favorable.

M. *Kemna*, de son côté, dépose sur le bureau un extrait du procès-verbal de la séance du *Conseil communal* de la ville d'Anvers en date du 18 mars 1903, au cours de laquelle le Collège, se ralliant à l'avis de M. *Royers*, a adopté à l'unanimité une proposition tendant à accorder à la Société un subside annuel de 500 francs. (*Remerciements.*)

L'Assemblée ratifie ensuite la nomination de MM. *Rahir*, *Rutot* et *Van den Broeck* comme délégués de la Société au Congrès archéologique de 1903, qui se tiendra à Dinant en août prochain.

Sur la proposition de M. le *Secrétaire général*, elle délègue M. *Eug. Lagrange* pour représenter la Société à la *Conférence internationale de sismologie*, qui se tiendra cette année à Strasbourg.

M. le *Secrétaire général* fait connaître que le Conseil aura à examiner la question de l'envoi d'une adresse au Roi à l'occasion des attaques portées à l'étranger contre l'œuvre du Congo.

M. le capitaine *Rabozée* rappelle que M. le commandant *E. Cuvelier* a promis une communication en collaboration avec le colonel *Dubuisson* sur le puits artésien de la nouvelle École militaire à Bruxelles, puits dont la coupe sera incessamment dressée en détail. La prise des échantillons s'est faite avec des soins tout à fait exceptionnels.

M. *G. Cumont* dépose sur le bureau des échantillons d'une roche énigmatique rencontrée dans les environs de la cascade de Coö; l'étude de ces roches sera faite par M. le capitaine *Mathieu*.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

MM. **FRANCO**, ALFRED, ingénieur, sous-lieutenant de réserve du génie, 61, chaussée d'Ixelles, à Bruxelles;

BONMARIAGE, ARTHUR, docteur en médecine, 46, rue Fossé-aux-Loups, à Bruxelles.

Communications :

SUR LES ANCIENNES RECHERCHES

DE

TERRAIN HOILLER A MENIN

PAR

X. STAINIER

Docteur en sciences naturelles.

—

La découverte du bassin houiller de la Campine a donné un regain d'actualité aux tentatives anciennes que l'on a faites pour découvrir de nouveaux bassins houillers au Nord des anciens bassins.

En venant à mon tour fournir des renseignements sur ces tentatives, je n'ai aucunement l'intention, comme d'autres, de vouloir diminuer le mérite de ceux qui ont contribué à la découverte du bassin campinois. Bien au contraire, si, dans certains milieux incompetents, on a fait un grief aux inventeurs d'avoir eu des prédécesseurs, cela prouve tout simplement que dans ces milieux on ignore totalement comment se font les découvertes. Si quelqu'un avait tenté de pratiquer des recherches dans le Nord de la Belgique sans qu'aucun indice, aucune tentative antérieure n'existât, celui-là eût été un fou, et si, par aventure, il eût réussi, il n'aurait pu en attribuer le mérite qu'au hasard. Par contre, celui-là fait œuvre de génie qui, s'armant des renseignements fournis par l'expérience antérieure, même infructueuse, en tire une synthèse et un concept fécond.

Cela dit, j'entre en matière. M. le Directeur général honoraire des mines Harzé a rappelé avec soin toutes les tentatives que l'on a faites pendant plus d'un siècle, peut-on dire, dans l'ordre d'idées qui nous occupe.

Cet historique présente au point de vue philosophique un vif intérêt, car il nous montre par quelle longue élaboration la pensée humaine doit passer pour aboutir à un résultat définitif, après des tâtonnements, des

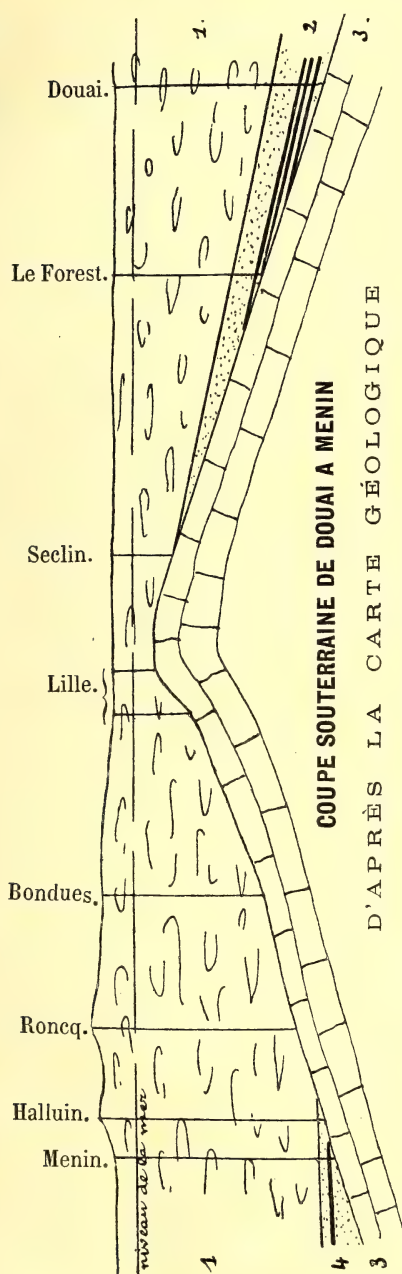
reculs et des pas en avant. A cet égard, on peut considérer comme un recul les recherches faites à Menin. En effet, les recherches si lointaines des frères Castiau, à Audenarde, recherches qui ont été exhumées avec tant d'à-propos par M. le Directeur général des mines J. Dejaer, ces recherches, dis-je, ont montré combien on avait alors des idées justes et scientifiques sur les principes géologiques qui doivent présider à ce genre de recherches. Au contraire, le sondage de Menin, relativement récent, n'est que le produit de concepts faux, basés sur des renseignements inexacts, pour ne pas dire plus (1).

Pour ceux qui ne sont point familiarisés avec les principes géologiques, il semble dur d'admettre qu'un bassin houiller doive nécessairement avoir des limites. La cupidité aidant, on s'imagine volontiers que l'on peut poursuivre indéfiniment des recherches pour étendre les limites de bassins connus ou pour en trouver de nouveaux. Une fois engagé dans cette voie, le moindre indice suffit pour engager des gens aventureux à se lancer dans de coûteuses tentatives, car, comme on l'a dit, volontiers on croit ce que l'on espère. C'est ce qui est arrivé pour Menin vers 1860. De nombreux sondages pratiqués dans la Flandre française avaient montré très nettement la limite Nord du bassin du Pas-de-Calais et avaient rencontré le calcaire carbonifère sous les mortsterrains, quand un sondage fut pratiqué à Halluin, à 6 kilomètres au Sud de Menin. Ce sondage aurait, paraît-il, recoupé 21^m,60 de terrain houiller, qui aurait donc constitué le commencement d'un nouveau bassin houiller s'étendant vers le Nord dans la Flandre occidentale. Nous dirons tout à l'heure ce qu'il faut penser de cette prétendue découverte de Houiller à Halluin. Quoi qu'il en soit, un entrepreneur de sondages, M. A. d'Yochet, de Menin, s'appuyant sur la découverte de Halluin, parvint à décider des capitalistes à pratiquer un sondage de recherche à Menin. Ce sondage, poussé au delà de 300 mètres, recoupa des terrains plus anciens que le Houiller, comme nous le montrerons tout à l'heure.

Nous avons eu dernièrement la bonne fortune de retrouver un des rares documents qui ont été produits par M. d'Yochet pour étayer sa théorie du bassin houiller de la Flandre occidentale. Comme ce document n'a reçu qu'une publicité extrêmement restreinte, nous croyons bon de le reproduire ici sous une échelle moindre (un quart de l'échelle

(1) Au cours de la lecture de ma communication, M. Van den Broeck a annoncé qu'il possédait des renseignements très curieux, qui jettent un jour nouveau sur ce point de la question. Il a annoncé qu'il ferait une communication prochainement à ce sujet.

originale). Ce document consiste en une coupe vraisemblablement Nord-Sud et passant par Menin. Nous donnons aussi ci-dessous textuellement toutes les annotations que cette coupe porte à l'original.



Ingénieur en chef des Mines, Employé dans le département du Nord,

de M. MEUGY,

ET D'APRÈS LES SONDAGES EXÉCUTÉS POSTÉRIEUREMENT A CE TRAVAIL, POUR SERVIR AUX RECHERCHES DU BASSIN HOULLIER PRÉSUMÉ DANS LA FLANDRE OCCIDENTALE (BELGIQUE), DRESSÉE PAR LE SOUSSIGNÉ A. D'YOCHE.

Échelle des hauteurs : $\frac{1}{8}$ 000.

Id. des longueurs : $\frac{1}{320}$ 000.

1. Terrain de diverses natures : argiles noires, sables, craie, dièves ; dits morts-terrains.
2. Terrain houiller. Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Couches de houille exploitées.
3. Calcaire carbonifère dit « pierre de Tournay ».
4. Dépôt houiller présumé. Couche de houille présumée.

La coupe porte encore pour différents sondages qui y figurent les indications spéciales suivantes :

Sondage de Halluin : terrain houiller rencontré à Halluin sur 21^m,60.

Sondage de Seclin : fin du bassin houiller reconnu à Seclin par sondage.

Comme on peut le voir aisément à l'inspection de cette coupe, M. d'Yochet supposait qu'au delà d'un relèvement du calcaire carbonifère, un nouveau bassin houiller se reformait plus au Nord dans la Flandre occidentale. La seule preuve que l'on eût de l'existence de ce nouveau bassin consistait dans la rencontre du terrain houiller au sondage de Halluin. Il serait évidemment très intéressant de savoir exactement à quoi nous en tenir au sujet de ce sondage, dont la coupe n'a jamais été publiée à notre connaissance. Le cahier de sondage existe encore, paraît-il, en possession de M. Lemaitre, fils du maire qui était en fonctions à Halluin à l'époque du sondage. Malgré mes démarches, je ne suis pas parvenu à me procurer ce cahier. Quoi qu'il en soit, d'après l'état de nos connaissances, il est bien certain que le terrain houiller n'a pu être recoupé à Halluin. M. G. Dewalque a publié jadis la coupe du puits pratiqué par M. d'Yochet à Menin (1). De cette coupe, il ressort que vraisemblablement le sondage a recoupé le poudingue devonien moyen (poudingue d'Horruës), reposant sur les phyllades du Silurien. Ultérieurement, un autre sondage pratiqué à Menin, à la brasserie Lannoy, a recoupé la dolomie du Frasnien (2).

Par conséquent donc, si réellement à Halluin on a, comme l'indique la coupe d'Yochet, recoupé 21^m,60 de terrain que l'on pouvait confondre avec le Houiller, c'est que l'on y a traversé des schistes noirs appartenant soit aux schistes de la Famenne (Devonien supérieur), soit, et plus vraisemblablement, des calschistes tournaisiens (Carbonifère inférieur).

Comme on le voit, toute l'histoire de la tentative de Menin, en mettant les choses au mieux et sans suspecter la bonne foi de ses promoteurs, cette histoire se résume dans une recherche basée sur une grosse erreur de détermination de terrains.

Ajoutons, pour être complet, que l'histoire n'a pas même servi à

(1) Cf. *Ann. Soc. géologique de Belgique*, t. I, PROC.-VERB., p. 75.

(2) Cf. VAN ERTBORN et COGELS, *Mélanges géologiques*, fasc. I, 1880, p. 43. — A. RUTOT, *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. I, 1887, MÉM., p. 22. — J. GOSSELET, *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. VII, pp. 79 et 188.

prémunir les habitants de Menin contre de nouvelles « surprises », tant la mémoire humaine est courte. En effet, dans la grande période de fièvre de recherches que nous venons de traverser, je me rappelle avoir, en 1900, coupé dans un journal quotidien l'entrefilet suivant, qui se passe de commentaires :

« Une société anonyme vient de se constituer à Menin dans le but de pratiquer des sondages près de cette ville, non loin de la porte de Bruges, où se trouverait, assure-t-on, un gisement houiller. Des recherches faites il y a une quarantaine d'années auraient permis de constater l'existence d'un terrain houiller à 190 mètres de profondeur, mais les gisements ne parurent pas cependant propres à l'exploitation. Certains ingénieurs prétendent que le sol, dans cette partie de la vallée de la Lys, recèle des veines de houille, mais que le combustible se trouve enfoui à une profondeur supérieure à 300 mètres. C'est ce que les recherches projetées ont pour but d'étudier. »

M. Rutot, relativement à cette communication, rapporte que la recherche du Houiller, à Menin, a donné lieu à la création d'une légende d'après laquelle tout géologue, opérant dans cette partie du pays, est désigné sous le nom de *koolman*; c'est ainsi notamment qu'il fut appelé lors des levés géologiques qu'il fit dans la Flandre.

M. le baron *van Ertborn* rappelle que la coupe du sondage de Menin a été publiée par M. Dewalque dans les *Annales de la Société géologique de Belgique*.

Il signale aussi, quant à ces prétentions d'avoir rencontré le Houiller, que semblable assertion avait été faite de même dans la vallée de la Senne, au Sud de Droogenbosch, dans la direction de Tourneppe, où l'on disait également avoir trouvé du Houiller, alors que, en réalité, il s'agissait de schistes cambriens décomposés.

M. *Van den Broeck*, qui a été appelé naguère à examiner cette question de la houille à Menin, sera heureux de pouvoir fournir, à la suite du travail de M. Stainier, quelques données complémentaires au sujet de la coupe manuscrite montrée par celui-ci au cours de sa communication. Il possède un exemplaire *imprimé*, et plus détaillé, de cette coupe, ainsi qu'une série de documents complémentaires qu'il s'occupera ultérieurement de mettre en ordre.

M. *E. Putzeys* prend ensuite la parole et fait la communication que nous reproduisons ci-après.

LES
SOURCES VAUCLUSIENNES
ET LES
ZONES DE PROTECTION

PAR

E. PUTZEYS

Ingénieur en chef des Travaux publics et du Service des Eaux de la Ville de Bruxelles.

Dans une de nos dernières séances a été discutée une question du plus haut intérêt, soulevée par la communication faite le 6 avril 1903, à l'Académie des Sciences de Paris, par MM. Fournier et Magnin « sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines ».

MM. Fournier et Magnin attribuent aux manifestations de la circulation souterraine un ordre de succession qui a donné lieu, grâce à notre infatigable Secrétaire général M. Van den Broeck, à un échange de vues duquel semble résulter que les conclusions des savants dont je viens de citer les noms sont tout au moins prématurées.

J'ai pu vous montrer, pour ma part, Messieurs, texte à l'appui, que les expériences qui ont servi de base à MM. Fournier et Magnin n'ont pas été faites dans des conditions comparables entre elles et que, par suite, il y a dans leur travail une juxtaposition de données inconciliables.

La question reste donc ouverte; mais nous n'avons pas à nous plaindre de ce qu'elle a fait couler beaucoup d'encre, car elle a provoqué la discussion d'une série de faits qui montrent, une fois de plus, combien est capricieuse la circulation des eaux dans les calcaires et combien de surprises elle nous réserve encore.

La communication qui nous était faite m'a amené à lire toute une suite d'études du plus haut intérêt, dues à la plume de M. Fournier; je citerai notamment : les « Études sur le régime des eaux dans le Quercy »; des extraits de la revue *Spelunca*; « Un nouvel exemple du phénomène de capture de cours d'eau superficiels par érosion souterraine »; un « Rapport sur les causes de contamination des eaux de la source d'Arcier alimentant Besançon »; enfin, et c'est là le travail le

plus important, une « Étude sur les sources, les résurgences et les nappes aquifères du Jura franc-comtois ».

Pour mieux mettre en lumière le fait dont je me propose de vous entretenir aujourd'hui, je joindrai aux publications de M. Fournier un travail récent de M. Max Le Couppey de la Forest sur « l'étude des eaux de sources ».

Mon but est de vous montrer, Messieurs, le danger de la tendance, trop suivie, à s'appuyer sur ce qui se pratique à Paris pour le décréter d'application universelle, en oubliant que cette grande capitale occupe une position rendant parfois nécessaire une manière de voir qui ne peut se justifier qu'à titre d'exception.

Sans y mettre le moindre esprit de critique, on doit reconnaître que le particularisme de Paris a eu un fâcheux contre-coup en Belgique, en ce qui touche à la filtration des eaux de rivière, qu'il a enrayée, et en ce qui touche à la mise à contribution des sources des calcaires, qu'il a encouragée.

Il a suffi, en effet, que Belgrand condamnât le filtrage des eaux de rivière pour provoquer jusqu'en ces dernières années, en Belgique, le rejet de toute proposition de l'espèce, et cependant aujourd'hui nous assistons à une étrange évolution dans les idées. Le filtrage au sable de l'eau semble, à Paris même, conquérir les esprits.

Ce même particularisme, par des conclusions assez récentes prises au sujet des sources vauclusiennes, devient menaçant.

C'est avec l'espoir de provoquer une réaction dans un ordre d'idées que j'estime néfaste que j'ai demandé la parole; mon but est de vous montrer que l'exemple de Paris a été, encore une fois, traduit en règle d'application générale.

Vous savez, Messieurs, que les doutes émis sur la pureté permanente des sources de l'Avre et de la Vanne provoquèrent la création d'une Commission, qui institua une série d'expériences conduites de main de maître par les sommités scientifiques de Paris.

Les expériences faites dans les bassins sourciers mis à contribution ou proposés pour l'alimentation de Paris, appuyées par les graphiques qui les interprètent, sont d'un intérêt de premier ordre; elles marquent une étape dans la science hydrologique. Il est même presque heureux, si l'on se place au point de vue général, que la Ville de Paris ait été amenée à les entreprendre sur une aussi vaste échelle, car elle était seule à même de pouvoir dépenser, sans hésitation, les sommes importantes que réclamait la recherche de la vérité.

Depuis longtemps, on présentait que des communications inquiétantes s'établissaient entre les sources destinées à l'alimentation et des cours d'eau superficiels. Désireuse de connaître les mesures à opposer à cette situation, la Ville de Paris a envisagé le problème dans toute son ampleur; c'est ainsi que le service que lui a rendu la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris intéresse non seulement Paris et la France, mais le monde entier. S'il est des ouvrages dignes de fixer l'attention des géologues, des hygiénistes et des hydrologues, ce sont les comptes rendus de cette Commission depuis 1899; tous les faits recueillis y sont exposés sans réticence; c'est là ce qui fait la haute valeur de travaux qui peuvent être proposés comme exemple à bien des administrations publiques qui s'efforcent maladroitement de cacher le mal quand il existe, sous le vain prétexte de ne pas alarmer la population.

Ne pas jeter l'émoi dans le public est chose parfaite, mais l'endormir dans une quiétude trompeuse, c'est poser un acte blâmable et lui ménager un triste réveil.

D'autre part, M. Bechmann a démontré, dans un rapport exposant le programme d'avenir de la distribution d'eau de Paris, en tenant compte de l'agrandissement éventuel de cette capitale, que l'on devrait, pour assurer le service, disposer d'un volume de 900 000 mètres cubes d'eau potable par jour, alors que l'on ne dispose actuellement que de 280 000 mètres cubes environ (1).

Dériver 900 000 mètres cubes d'eau de sources, telle que nous devons normalement concevoir cette eau à l'émergence, c'est-à-dire pratiquement stérile, est une impossibilité matérielle. En effet, les terrains possédant le pouvoir épurateur nécessaire pour livrer une telle eau ont un pouvoir filtrant trop faible pour donner des sources importantes. Aussi la Ville de Paris a-t-elle pu se trouver dans l'obligation d'accepter comme « étalon » un degré de pureté que l'on doit considérer comme inadmissible pour d'autres villes.

Quand on veut, disait le rapport général du 23 novembre 1900, capter des sources abondantes, valant les frais d'adduction, il faut renoncer à la filtration fine, accepter de grosses veines d'eau circulant, au moins sur un certain parcours, dans des fissures larges, dans lesquelles la filtration ne se fait plus, et se résoudre à retrouver dans les sources quelques-uns des germes rencontrés à la surface ou dans les profondeurs.

(1) *Alimentation de Paris en eau potable. Mesures préliminaires en vue de nouvelles adductions d'eau, 1902.*

Comme la fièvre typhoïde est à peu près la seule maladie dont le transport des germes par l'eau soit à craindre, les dérivations de la Vanne et de l'Avre étant désormais soumises à une surveillance médicale incessante, après avoir été remaniées en certains points, semblent, dans l'esprit de la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris, ne plus devoir inspirer d'inquiétude.

« Les mesures de protection médicale, disait M. Duclaux, n'empêcheront pas de poursuivre les recherches de laboratoire, l'amélioration des points faibles de la canalisation, la revision des ouvrages de captage des sources et les travaux à entreprendre pour éviter l'arrivée directe et sans filtration, à la nappe souterraine, de grosses masses d'eau suspecte. En se superposant à une situation qui, sans être parfaite, est acceptable, ainsi que l'a montré l'expérience de plusieurs années, la surveillance l'améliorera sûrement. »

La Commission a admis aussi que s'il survenait une épidémie de fièvre typhoïde dans la région des sources, on renforcerait la surveillance et que l'on pourrait engager les Parisiens à faire bouillir leur eau avant de la boire.

« Personne, ajoutait M. Duclaux, ne pourrait s'étonner alors qu'à des cas exceptionnels correspondent des mesures exceptionnelles. »

C'est un reflet de ce même principe que nous trouvons dans le remarquable rapport de M. l'ingénieur en chef Bechmann, chef du Service technique des eaux et de l'assainissement, en date du 8 octobre 1902 (1).

« La Commission, dit M. Bechmann, a formulé, dans sa séance du 19 juin 1902 et à l'unanimité, les conclusions suivantes :

» ... Les sources de Fontaine-sous-Jouy paraissent être d'une qualité supérieure à celles de l'Avre et peuvent, sous les réserves d'un captage rationnel *et d'une surveillance médicale* (2), être utilisées pour compléter les eaux conduites à Paris par l'aqueduc de l'Avre. »

Il ne sera pas inutile de donner l'avis de M. le géologue Janet sur les sources en question : « Ces sources de Fontaine-sous-Jouy, disait M. Janet en séance du 9 juin 1902 (3), doivent être classées parmi les meilleures et les mieux protégées. *Cela ne veut pas, bien entendu, dire qu'elles soient parfaites* (4). »

(1) *Loc. cit.*, p. 31.

(2) Ces mots ne sont pas soulignés dans le texte.

(3) Travaux de la Commission, année 1902, p. 20.

(4) Ces mots ne sont pas soulignés dans le texte.

Il est inutile de chercher la perfection du moment que les eaux nouvelles seront mélangées à celles de l'Avre.

C'est encore dans ce même ordre d'idées que M. l'ingénieur Babinet, après avoir dit : « Une source peut être dite vaclusienne lorsqu'elle est alimentée par des écoulements superficiels à travers des terrains dont les fissures sont trop larges pour en assurer l'épuration dans des conditions satisfaisantes », a pu ajouter : « On ne peut songer à interdire l'emploi des eaux vaclusiennes, car les sources les plus abondantes, indispensables pour alimenter les grandes agglomérations d'hommes, leur doivent souvent une partie de leur fort débit. Dans les terrains calcaires, c'est le cas général. »

Résumant ce qui précède, on peut en conclure qu'une pureté irréprochable de l'eau de source ne représente pas, pour la ville de Paris, la condition primordiale de sa dérivation, et que cette non-pureté originelle peut être admise, si elle a pour corollaire la surveillance attentive des bassins sourciers.

L'énormité des masses d'eau à dériver, si l'on s'en tient au programme d'une alimentation en eau de source aussi large que celle prévue, peut effectivement rendre nécessaire pour Paris une telle manière de voir, que nous n'avons ni à approuver ni à désapprouver, car pour prendre position en semblable matière, il faut posséder tous les éléments du sujet.

Mais si nous n'avons pas qualité pour apprécier ce qui se fait pour Paris, il est de notre devoir de rechercher si la manière de voir jugée bonne pour cette capitale (dérivation de sources vaclusiennes après amendement, sous réserve d'une inspection médicale incessante) serait tolérable en d'autres circonstances.

Ici, je n'hésite pas à me déclarer pour la négative et à exprimer le regret de constater que des savants aient pu se laisser entraîner à proposer l'imitation de ce qui ne peut et ne doit pas servir d'exemple.

J'ai dit en maintes occasions, et je ne puis me dispenser de le répéter, que ce qui est peut-être acceptable pour Paris, ville unique, n'est pas pour ce fait de bonne application pour d'autres villes et surtout pour les petites villes et pour les villes de moyenne importance, qui sont très nombreuses.

Tout d'abord, n'oublions pas que les services d'inspection des bassins sourciers livrant l'eau à Paris sont outillés comme aucune ville ne peut l'être; ce qui serait pour d'autres une charge écrasante, réclame ici un surcroît de dépenses qui n'apparaît pas dans un budget colossal.

Cela est tellement vrai, qu'il a fallu l'intervention des services de Paris pour mettre en lumière les épidémies locales et les cas isolés de fièvre typhoïde qui se présentent dans les bassins sourciers; ce sont eux qui ont endossé les charges de la désinfection, ce sont eux qui suivent les convalescents dans leurs changements de domicile. Tout cela se fait avec un ordre, une précision admirables, parce que la santé de Paris est en jeu, et cependant, si la méthode est bonne, comment se fait-il que les administrations locales ne l'adoptent pas et pourquoi leur inertie fait-elle contraste avec l'activité du service sanitaire de la capitale?

N'est-il pas évident que si chacune des communes situées dans les bassins sourciers de la Dhuis, de la Vanne et de l'Avre faisait, *pour l'alimentation en eau qui lui est propre*, ce que fait Paris, des épidémies seraient évitées et que les services de la capitale se trouveraient singulièrement soulagés?

Il n'en est pas ainsi parce que l'organisation d'une surveillance locale nécessite des frais que de petites communes ne se soucient pas de réclamer sous forme d'impôts; dépenser de l'argent pour se garer d'un danger, c'est poser un acte de prévoyance qui ne frapperait pas suffisamment l'esprit des électeurs. Il suffira de dire que c'est l'enquête *faite par les soins des services parisiens* qui a permis de constater que la source de Poélay, servant à l'alimentation de la ville de Verneuil, est souillée par ses propres déjections, pour apprécier ce que l'on pourrait attendre d'une surveillance exercée par l'administration municipale elle-même.

On doit donc considérer comme dangereux pour toute autre ville le système accepté pour Paris, puisque, dans les régions où tant de recherches intéressantes ont été faites, il se trouve encore des administrations aussi peu soucieuses de la santé de leurs commettants.

N'oublions pas non plus que s'il est fâcheux de voir mettre en décharge des sources destinées aux aqueducs parisiens, parce que leur situation est temporairement compromise, cette opération n'est pas de nature à suspendre le service; elle le rend plus difficile à certains moments, comme en témoignent les observations de la Direction, mais, de même que l'augmentation de dépenses qu'occasionne la surveillance n'influe pas sur le budget, de même le service ne se ressent pas trop des suppressions ordonnées. Tel est le cas, par exemple, pour la source du Miroir, dont le débit est de 14 000 mètres cubes par jour et dont la mise en décharge est ordonnée depuis fin septembre 1900.

Qu'une autre ville eût pris possession de cette source, capable

d'assurer l'alimentation de 80 à 100 mille habitants, se représente-t-on bien ce que serait la situation d'une population réduite à l'alternative ou de s'empoisonner ou de suspendre son service!

M. l'ingénieur Babinet a pu exprimer, au sujet des sources vaclusiennes, une opinion vraie à ne considérer que Paris; nous plaçant à notre point de vue également, nous l'avons combattue en séance du 25 février 1901, en disant que nous nous plaisions à croire qu'il n'est pas en Belgique un ingénieur qui, ayant le sentiment de la responsabilité qui pèse sur lui le jour où il est chargé de l'alimentation d'une ville, oserait, de propos délibéré, dériver, vers l'agglomération à desservir, une source vaclusienne.

J'ajoutais que les pouvoirs publics n'ont pas le droit de projeter la distribution d'une eau alimentaire *si elle ne donne pas toute garantie de pureté*, que le doute n'est pas permis en pareille matière, que les *certitudes les plus formelles doivent être acquises* et qu'il importe, en outre, l'eau étant reconnue irréprochable comme provenance, de surveiller attentivement et d'une façon incessante l'envoi vers les agglomérations de l'eau captée.

Je terminais en disant qu'il m'avait paru utile de combattre la manière de voir de M. l'ingénieur Babinet, parce qu'il était à craindre que sa théorie relative aux sources vaclusiennes, étant plus récente, fût jugée meilleure que la nôtre, ce qu'il fallait éviter.

J'ai indirectement appris que M. Babinet s'était défendu d'avoir émis une « théorie », ainsi que j'avais cru pouvoir le dire ici même, il y a deux ans.

Je tiens à déclarer que mon plus vif désir est de ne pas prêter aux savants dont je discute l'avis, une manière de voir qu'ils n'ont pas; mais on conviendra que les discussions scientifiques deviendraient impossibles si des questions de « mots » devaient séparer les personnes qui n'ont d'autre objectif que le bien public.

Attaché au service des eaux de la capitale, ce savant ingénieur, appelé à renseigner les sources capables de compléter ce service, a probablement reconnu que si l'on mettait à l'écart les « sources vaclusiennes », le problème serait insoluble; c'est là chose infiniment probable et que je n'ai pas à discuter.

Toujours est-il que l'opinion de ce savant ingénieur et le sentiment de la Commission au sujet de la sécurité offerte par la surveillance médicale menacent d'être érigés en théorie et que les événements ont montré que notre crainte était justifiée; nous en avons trouvé la preuve

dans le travail de M. Le Couppey de la Forest sur les eaux de sources, ainsi que dans les savantes études de M. Fournier.

L'exposé de la méthode employée par la Ville de Paris pour l'étude des eaux de sources, par M. Le Couppey de la Forest, donne le texte d'une conférence faite à la Société des Sciences de l'Yonne, le 3 juillet 1902, à l'occasion des recherches au sujet des causes de l'épidémie de fièvre typhoïde d'Auxerre, qui avait donné de l'inquiétude à Paris.

Ce travail témoigne nettement de la tendance de son auteur à appliquer, d'une façon générale, les résultats de la grande expérience qu'il a acquise dans l'exploration des bassins sourciers de Paris, à tous les bassins sourciers quels qu'ils soient.

M. Le Couppey de la Forest, après avoir analysé les conditions dans lesquelles doit être faite l'étude d'une source lorsqu'on en projette la dérivation, termine en disant que « par l'exécution de travaux, tels que le contournement de certains points dangereux ou le revêtement imperméable de certains lits trop poreux, on pourra conjurer quelques-uns des inconvénients et faire que des sources considérées comme mauvaises pourront être conservées, au contraire, dans d'excellentes conditions (1) ».

Précédemment, parlant d'une étude épidémiologique, à mener parallèlement à l'étude géologique, l'auteur déclare que cette enquête a, entre autres, comme but « l'organisation future de la surveillance médicale dans tout le périmètre d'alimentation (2) ».

Je considère, Messieurs, cette double manière de voir, reflet de ce qui se fait pour Paris, comme extrêmement dangereuse, parce qu'elle consacre l'opération détestable qui consiste à mettre à contribution les sources vauclusiennes.

Comment pourrait-on prétendre organiser sérieusement, et surtout efficacement, la surveillance médicale de tout le périmètre d'alimentation des centaines de sources qui desserviront des centaines de localités, depuis la grande ville à population importante jusqu'à l'humble village abritant quelques habitants ?

Telle serait bien la situation en Belgique, si l'on prétendait accepter de telles conclusions.

Qui oserait assumer une semblable responsabilité, lorsqu'on sait qu'en région calcaire il suffit qu'un paysan creuse une fosse à purin à

(1) *Méthode employée par la Ville de Paris pour l'étude des eaux de sources*, par M. MAX LE COUPPEY DE LA FOREST, p. 14.

(2) *Idem*, p. 12.

côté de sa demeure pour provoquer peut-être le risque d'une contamination à plusieurs kilomètres de distance ?

Aussi bien, MM. les D^{rs} A.-J. Martin et H. Thierry, qui dirigent avec la compétence que l'on sait le Service de la surveillance locale et médicale des sources captées pour l'alimentation de Paris, ont-ils soin de dire dans leur exposé : « Ainsi se trouve protégé le périmètre d'alimentation, pour autant que les études géologiques et hydrologiques ont permis de le déterminer (1). »

L'exemple de Paris, si retentissant, avec ses observations de contamination par des puisards, des tuyaux de chute de closets, des décharges de lavoirs, doit-il être considéré comme la démonstration qu'il est possible, grâce à l'attention toujours en éveil du Service des eaux, grâce au dévouement éclairé des médecins, d'échapper au danger, ou bien doit-il, au contraire, être interprété comme la preuve irréfutable du danger des sources vauclusiennes ? Et par source vauclusienne on devrait non seulement entendre la source alimentée partiellement par des pertes visibles d'eaux superficielles, mais toute source qui gonfle après les chutes d'eaux météoriques.

Je passe à l'examen des travaux de M. Fournier.

Dans ses « Études sur les sources, les résurgences et les nappes aquifères du Jura franc-comtois », M. Fournier donne à nombre d'administrations municipales des avertissements qu'elles feraient chose sage d'écouter d'une oreille attentive. M. Fournier démontre, d'une façon irrécusable, que bien des sources du Jura franc-comtois ne sont que des résurgences, dont la mise à contribution pour l'alimentation des villes les place sous le coup d'épidémies de fièvre typhoïde.

Malheureusement, M. Fournier, qui n'est pas praticien, s'est laissé entraîner à donner certains conseils d'ordre technique dont je vais me permettre de faire la critique, qui montrera combien le savant géologue s'est également laissé impressionner par l'exemple de Paris ; cette critique n'enlèvera rien à la portée scientifique de son travail.

Je rappellerai, Messieurs, qu'il y a exactement dix ans, en 1893, la ville de Besançon eut une sévère épidémie de fièvre typhoïde qui se localisa dans la zone alimentée par la source dite d'Arcier, résurgence partielle d'un ruisseau traversant le village de Nancray, qui avait eu une épidémie de fièvre typhoïde quelques jours avant que la maladie n'éclatât à Besançon.

(1) Travaux de l'année 1902 : *Sur les eaux d'alimentation et les eaux d'égout de la ville de Paris*, p. 73.

Voici les faits dans toute leur simplicité : Un orage violent sévit sur la région de Nancray le 7 octobre; la fièvre typhoïde apparaît à Besançon vers le 19.

Quelques mois plus tard, la filiation entre l'épidémie de Nancray et celle de Besançon, pressentie par M. le Dr Thoinot, est mise définitivement en lumière par MM. Jeannot et Thoinot, à l'aide de colorations de fluorescéine. Ajoutons, pour être complet, qu'en 1886, M. Jeannot avait, par expérience, reconnu la résurgence à l'aide du sel.

C'est cette même source, Messieurs, qui est en 1902 l'objet d'un rapport de M. Fournier au préfet du département.

On peut en déduire qu'il est reconnu, dans un document officiel, qu'une source dont la contamination irrécusable a provoqué une violente épidémie en 1893 sert encore à l'alimentation d'une ville universitaire où est professé un cours de Géologie par un savant dont le nom fait autorité.

Si ce fait témoigne d'une inconscience stupéfiante du danger, on doit le qualifier de « défi » lorsqu'on apprend que cette même source d'Arcier avait été, en 1871, le théâtre du fait suivant :

En 1871, à la suite d'une épizootie, on avait jeté dans un gouffre profond dont les infiltrations regagnent souterrainement les eaux d'Arcier, une quantité si considérable de chevaux et de bœufs que les cadavres de ces animaux avaient fini par le combler complètement. Au bout de quelques mois, lorsque les animaux entrèrent en putréfaction, une épidémie de fièvre typhoïde éclata à Besançon.

L'autorité, dit M. Fournier, s'en émut et l'on décida de combler le gouffre. Cette « émotion » de l'autorité s'apaisa sans doute, car nous avons vu que la fièvre typhoïde éclatait de nouveau à Besançon après avoir exercé ses ravages à Nancray, qui pratique le tout à l'égout par l'intermédiaire d'un ruisseau dont la source d'Arcier est la résurgence.

Ces deux terribles leçons ne suffisent pas encore; en 1901, nouvelle épidémie qui coïncide avec une pluie intense dans le bassin de Nancray; en même temps, il est prouvé que la source d'Arcier reçoit directement une partie des eaux du village de Saône, où a eu lieu un cas de fièvre typhoïde.

Quoique M. Fournier déclare dans son rapport qu'à diverses époques l'autorité préfectorale et la municipalité se sont préoccupées de remédier à cette situation du ruisseau de Nancray, ces « préoccupations, d'un caractère tout administratif », n'empêcheront pas que la ville de Besançon sera redevable à la source d'Arcier d'une triste célébrité dans le monde des hydrologues et des géologues.

La surveillance du bassin sourcier d'Arcier n'a pas, comme vous le voyez, empêché Besançon de recevoir de funèbres visites.

Ce n'est pas tout ; après avoir constaté les pitoyables résultats de la surveillance, nous allons voir surgir l'influence de la thèse de M. Babinet. Cette source détestable d'Arcier, on va tenter de la sauver par un moyen qui, heureusement, est aussi mauvais que la source elle-même et, chose regrettable, en contradiction complète avec tout ce que nous dit l'auteur dans ses publications !

Après avoir constaté dans son rapport que les causes de contamination des eaux d'Arcier sont si multiples, si complexes et si graves, qu'il est matériellement impossible d'y remédier d'une manière absolue, « il ne nous reste, dit M. Fournier, qu'à nous associer à la conclusion déjà émise par M. Thoinot : il n'y a qu'un moyen radical et qui vient à l'esprit de tous, c'est de supprimer l'eau d'Arcier et de la remplacer par une autre, non typhoïgène ».

Tout cela était fort bien.

Ce qui est regrettable, c'est que M. Fournier ne s'en soit pas tenu là et ait ajouté à sa déclaration un correctif qui dément les espérances que faisait naître la lecture de la première partie de son beau rapport et forme contraste avec ses études sur les sources du Franc-Comtois, et surtout avec la dernière conclusion de la note qu'il adressait le 6 avril dernier à l'Académie des Sciences.

Cette dernière conclusion était : « De la lenteur et de la propagation de la fluorescéine, il ne faudrait pas conclure à une lenteur correspondante de propagation des cultures microbiennes ; les sources vaclusiennes sont sujettes à une contamination brusque, impossible à prévoir à temps ; il ne faut donc pas les admettre comme eaux d'alimentation, même en temps de sécheresse, puisqu'il suffit d'une pluie d'orage pour les empoisonner brusquement. »

Troublé sans doute par cette idée que la mise à l'écart de la source d'Arcier, dont on connaît malheureusement trop bien les dangers, provoquerait des objections, car il faudrait se procurer de nouvelles eaux et une nouvelle amenée ne se ferait pas sans grande dépense, M. Fournier en arrive à proposer une solution inspirée par l'examen des mesures préconisées pour la protection des sources vaclusiennes et que l'on doit qualifier de profondément malheureuse (1).

« A la conclusion du Dr Thoinot, nous devons, dit M. Fournier, ajouter une remarque qui nous est suggérée par les résultats des

(1) *Rapport sur les causes de contamination de la source d'Arcier*, 2^e partie, p. 8.

» récentes recherches bactériologiques de M. Maréchal : C'est que l'eau
 » d'Arcier, très dangereuse en temps de grandes eaux, redevient
 » potable et même bonne dans les périodes d'eaux moyennes et de
 » sécheresse. Cette constatation introduit un élément nouveau précieux
 » dans le problème qu'il s'agit de résoudre : il n'est pas nécessaire
 » d'assurer constamment à la ville de Besançon un débit d'eau pure
 » égal au débit d'Arcier, il faut seulement trouver le moyen de pouvoir,
 » pendant les périodes de grandes eaux, remplacer d'une façon com-
 » plète l'eau d'Arcier par une eau salubre. Si ce problème est inso-
 » luble, il ne restera alors qu'à étudier le moyen de stériliser l'eau
 » pendant les périodes de crues. »

« Pour que cette suppression momentanée des eaux d'Arcier soit
 automatique, et ne soit pas, par conséquent, subordonnée à la bonne
 exécution des ordres que l'on pourrait donner aux employés chargés
 d'ouvrir et de fermer les vannes, il serait facile d'établir près de la
 source d'Arcier un système à flotteurs qui, dès que les eaux attein-
 draient une certaine hauteur, produirait un courant électrique assurant
 automatiquement la suppression de l'Arcier dans les canalisations, plu-
 sieurs heures avant les effets de la crue et par suite avant que la recru-
 descence bactérienne se soit fait ressentir à Besançon. »

Certes, c'est là un moyen, mais, comme je le disais tantôt, un fort
 mauvais moyen...

En parlant comme il le fait, M. Fournier oublie qu'entre « cette
 certaine hauteur d'eau » qui représente un débit moyen, et le mini-
 mum du débit de la source, il y a un écart d'autant plus important qu'il
 s'agit d'une source issue du calcaire; cette origine même a en effet
 pour corollaire les fluctuations énormes que nous connaissons tous.
 Entre ces fluctuations peuvent s'intercaler le produit de pluies impor-
 tantes avec leurs conséquences, qui peuvent être désastreuses pour la
 santé publique. Qu'un cas de typhoïde, mal placé, se présente en
 amont du béttoire ou d'une crevasse inconnue, la précaution peut deve-
 nir vaine.

Mais je m'aperçois, Messieurs, de ce que je discute ainsi les condi-
 tions d'établissement d'un appareil qui ne doit pas, qui ne peut pas se
 trouver en tête d'une distribution d'eau, car il serait la commande de
 la vanne arrêtant ou déchainant le danger suspendu sur toute une
 population.

Cette suppression d'une venue d'eau de source commandée électri-
 quement est, en fait, appelée à remplacer, mécaniquement, la surveil-
 lance du bassin sourcier telle qu'elle se fait pour Paris; cette proposi-

tion consacre en même temps la mise à contribution des sources vauclusiennes; cette mise à contribution est elle-même inspirée par l'avis de M. Babinet, et comme on pourrait craindre qu'en m'exprimant comme je le fais, je ne rende pas exactement la pensée de M. Fournier, je vais prouver qu'il en est bien ainsi.

Voici comment s'exprime M. Fournier au début de son rapport : « M. Babinet propose contre la contamination deux palliatifs qu'il considère comme efficaces : 1° capter autant que possible les eaux souterraines au-dessus du point d'absorption, si ce dernier n'est pas trop éloigné de l'émergence et si le débit d'amont est encore suffisant; 2° combler et boucher les gouffres ou bétouilles connus susceptibles de recevoir les matières contaminées. »

Dans le rapport que j'analyse, M. Fournier ajoute :

« Nous nous proposons : 1° d'étudier en détail les causes diverses de contamination des bassins d'alimentation des sources d'Arcier; 2° de rechercher si les mesures de protection préconisées par M. Babinet pour les sources vauclusiennes seraient applicables à la source d'Arcier; 3° d'examiner s'il n'existerait pas une solution différente, permettant de substituer aux eaux contaminées d'Arcier des eaux présentant toutes garanties au point de vue hygiénique. »

Cet extrait montre d'une façon incontestable, Messieurs, que l'avis de M. Babinet, sur l'emploi des sources vauclusiennes, qui pourrait être acceptable pour Paris, qui, je le répète encore une fois, occupe une position spéciale, mais serait à rejeter impitoyablement pour toute autre ville, menace de devenir classique, puisqu'on cherche une adaptation de cet avis à propos d'une source d'aussi fâcheuse réputation ! Il est désirable pour le bien public que cette interprétation générale donnée à un avis émis, je me plais à le croire, pour un cas isolé, soit arrêtée dans son développement.

L'exemple de Paris, mal interprété, menace bien, comme je l'avais dit lorsque j'émettais, en séance du 26 février 1901, mon opinion au sujet des sources vauclusiennes, de provoquer une théorie nouvelle, si l'attention des administrations publiques n'est pas attirée sur les graves dangers qu'elle présenterait dans son application.

Que l'ingénieur chargé d'établir une distribution d'eau accepte comme vraie l'opinion émise par M. Babinet sur les sources vauclusiennes, qu'il considère une surveillance médicale incessante comme pouvant parer aux dangers qu'une source peut faire courir éventuellement à la population qui l'utilise, qu'il adopte la solution mécanique de M. Fournier pour la dérivation momentanée des eaux d'une source

gonflée par les pluies, cet ensemble de conditions, voire une seule de ces conditions, d'autant mieux faites pour séduire qu'elles rendent singulièrement plus aisée la solution du problème, cet ensemble de conditions, dis-je, sera de nature à provoquer des désastres. Aussi, j'ai cru qu'il était de mon devoir de signaler le danger qu'il y a à interpréter pour un autre milieu que celui où elles ont surgi, les opinions que je viens de rappeler, parce que, tôt ou tard, si elles étaient admises en Belgique, elles y amèneraient le deuil.

En voulant sauver la source d'Arcier de Besançon, en application de ce qui se fait pour Paris, un savant en est arrivé par une pente insensible à faire fi, en réalité, de ce que nous enseigne la science.

Ouvrez, Messieurs, n'importe quel traité d'hygiène publique. Vous y lirez qu'il est une maladie qui, insidieusement, fait des ravages incessants; vous y lirez que dans ses paroxysmes, qui jettent l'affolement dans les populations, cette maladie fauche la jeunesse, à laquelle elle s'adresse de préférence; que dans de nombreux cas, presque toujours en cas d'épidémies, elle est d'origine hydrique; comme vous lirez aussi que c'est, avec le choléra, une des maladies contre lesquelles il est le plus aisé de lutter en fournissant de bonnes eaux aux villes, vous reconnaîtrez avec moi qu'il n'est pas de compromission possible avec un tel ennemi.

Il est évident que la Commission de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris et ses collaborateurs ne sont pas responsables de l'interprétation générale donnée à leur avis sur un cas particulier et qu'on aurait fort mauvaise grâce à leur faire grief des services qu'ils ont rendus... Ce serait excessif. Cependant, à la décharge des savants qui ont appuyé leur manière de voir sur l'exemple qui leur était donné, il convient de dire que les rapports de la Commission n'établissent pas, d'une façon nette, que les conclusions ne visent que les eaux de Paris.

C'est cette ambiguïté qu'il est désirable de faire disparaître, sans quoi nous risquons fort de voir, à bref délai, consacrer dans des ouvrages techniques cette idée antiscientifique que l'on peut, sous réserve de certains amendements, utiliser les sources vauclusiennes pour l'alimentation. Ce serait là une singulière conclusion donnée aux beaux travaux de la Commission et aux intéressantes découvertes dues à la légion d'explorateurs qui ont marché sur les traces de M. Martel.

Si cette conclusion déplorable venait à être imprimée, comme elle serait rééditée une série de fois, par suite du phénomène de répétition qui afflige la littérature technique, elle risque fort de se transformer en vérité scientifique qu'il sera fort difficile d'extirper par la suite.

Il est indispensable que l'on remonte le courant fâcheux d'opinion qui tend à faire admettre que des sources sont dignes de participer à l'alimentation des agglomérations humaines quand elles sont sujettes à des contaminations temporaires.

Il est désirable que l'on se pénétre bien de cette idée que si, dans nos demeures, « il est vain d'espérer une eau de boisson privée de germes (1) », il est parfaitement possible d'obtenir une eau pratiquement stérile au sortir du sol.

J'entends dire que l'examen microscopique ne révélera que quelques rares colonies, une dizaine par exemple, dues non à l'eau, mais à l'imperfection des moyens dont nous disposons pour opérer les prélèvements.

Il est non moins désirable que l'on sache que s'il est impossible de faire arriver l'eau au robinet du consommateur dans ce même état de pureté, l'augmentation du titre microbien ne doit être que le résultat, indifférent pour la santé publique, d'un contact avec l'air et que, dans ces conditions, même la présence du *bacterium coli* est un fait banal. Mais ce qui n'est pas banal, ce qui doit provoquer la condamnation de la source, c'est cette même présence du *bacterium coli* à l'émergence, parce qu'elle représente le témoin d'une filtration imparfaite.

Si l'élaboration de l'eau doit se faire dans un sol dont la surface est habitée par l'homme et si, dans son terme final, à l'émergence, elle se montre impuissante à éliminer le *bacterium coli*, la source est suspecte et ne peut être acceptée pour l'alimentation; et ce qui est dit du *bacterium coli* devient dès lors vrai pour les autres germes.

C'est dans ces termes qu'il convient que l'ingénieur hydrologue et le géologue se confinent; on doit considérer comme dangereusement paradoxale, la théorie qui déclarerait qu'il importe peu que l'eau de source renferme 150 ou 200 colonies microbiennes à l'émergence, puisque fatalement elle les présentera au robinet.

Également, si l'on a pu admettre une surveillance incessante des bassins sourciers comme capable de préserver la population parisienne d'épidémies de fièvre typhoïde, c'est à titre exceptionnel. La règle générale pour l'ingénieur hydrologue et le géologue doit être que, *seules, les zones de protection naturelle des eaux sont acceptables; dès lors la surveillance médicale est une superfétation*. Lorsqu'une source, dans une contrée habitée, se présente dans des conditions telles qu'il n'est pas possible, par la création de zones de protection naturelle, de s'en

(1) *Travaux des années 1899 et 1900 sur les eaux de l'Avre et de la Vanne*, p. 8.

emparer avec la certitude qu'elle peut, à moins d'une faute commise par le personnel, échapper en tout temps à la contamination, cette source devra être déclarée inutilisable pour l'alimentation.

(*Applaudissements.*)

Au sujet de cette communication, M. Kemna ajoute quelques détails à son étude sommaire du travail de la Commission de Montsouris et s'exprime comme suit :

M. AD. KEMNA. — Les eaux de Paris. Note complémentaire au sujet du Troisième Rapport de la Commission de Montsouris.

Dans la séance du 19 mai 1903, j'ai rendu compte du troisième rapport de la Commission de Montsouris sur les eaux de Paris. Je voudrais communiquer aujourd'hui à la Société quelques nouvelles récentes, peu importantes par elles-mêmes, mais symptomatiques de l'état des esprits. Pour quelques-unes des considérations qu'elles m'ont inspirées, je me suis rencontré avec M. Putzeys, non seulement dans les idées, mais parfois même dans l'expression. M. Putzeys prémunit les administrations contre une imitation trop servile de l'exemple de Paris. Les faits nouveaux que je donne ne peuvent que renforcer cet avertissement salulaire et opportun.

Dans une séance du Conseil municipal de Paris, il y a quelques jours, sur un rapport de M. Navarre, a été votée l'acquisition des sources de Cailly, au prix de 280,000 francs. Le rapport de M. Navarre disait que par l'acquisition de ces sources, on pourrait éviter de devoir capter le courant des Boscherons et les eaux du Val-d'Orléans.

Ceci est, comme on a pu le voir, tout à fait conforme aux idées de la Commission de Montsouris. Mais le préfet, M. de Selves, a aussitôt fait des réserves et demandé la disjonction des conclusions. On a donc voté uniquement l'acquisition des sources de Cailly.

Il semble donc que le Service technique n'a pas définitivement renoncé aux eaux, de qualité fort douteuse, du courant des Boscherons et du Val-d'Orléans. Un indice de ces dispositions est fourni par un article de journal, que l'on peut croire inspiré par le Service technique. Dans le numéro du 2 juillet de *l'Entreprise et l'Industrie*, sous le titre : « L'adduction de nouvelles eaux de source de Paris », il est d'abord insisté sur l'insuffisance de l'alimentation et sur l'urgence d'un supplément. L'auteur continue comme suit : « Bien que les renseignements

du Service des eaux ne soient rien moins que rassurants, certains pessimistes prétendent que, suivant l'habitude, le rapport administratif ne dit que la moitié de la vérité et qu'il faut voir la situation plus grave encore qu'on ne l'expose. On sait que le projet de l'administration comportait plusieurs parties : d'abord la captation de diverses sources de la région de l'Avre destinées à parfaire l'alimentation de l'aqueduc de l'Ouest, qui est incomplète; il n'amène à Paris au maximum que 1 200 litres d'eau par seconde, alors que la capacité permettrait un apport de 1 800 litres; puis, dans la région de la Loire, la captation, dans le Val-d'Orléans, de 5 000 litres d'eaux reconnues par la Commission de Montsouris pour être des eaux de rivière dégrossies et rafraîchies, susceptibles d'emploi sans préparation pendant la plus grande partie de l'année. »

La Commission de Montsouris a, en effet, déclaré que le Val-d'Orléans donnait une eau de rivière, mais nullement que, pendant la plus grande partie de l'année, cette eau pourrait être employée sans préparation. Nous avons eu soin de citer textuellement ce passage du rapport dans notre étude, et le lecteur pourra voir qu'il n'y a aucune restriction du genre de celle qu'on introduit maintenant.

Des choses de ce genre paraissent à première vue inexplicables; on ne comprend guère la ténacité du Service technique à vouloir malgré tout amener des eaux plus que douteuses. Voici, je crois, la raison : Quand on a construit l'aqueduc de l'Avre, on l'a fait trop grand pour les sources que l'on captait, afin de pouvoir y ajouter, par la suite, d'autres sources encore; dès cette époque, on aura songé au courant des Boschérons, peut-être même au Val-d'Orléans. Également à cette époque, il y a de cela une quinzaine d'années, le contrôle scientifique n'avait pas beaucoup à dire et le Service technique faisait un peu ce qu'il voulait. Mais depuis lors est intervenue la Commission de Montsouris, qui condamne les sources dont le captage était depuis longtemps arrêté dans la pensée du Service technique, et celui-ci se trouve donc dans une situation des plus difficiles. Son intention paraît être de passer outre à l'opposition des hygiénistes et de poursuivre le développement de son système.

L'attitude du préfet, tant à la Commission de Montsouris qu'au Conseil municipal, permet de croire que l'autorité administrative partage cette manière de voir et appuiera le Service technique.

Il me semble peu probable que l'opposition des hygiénistes puisse être vaine. La Commission de Montsouris souvent tâtonne, parfois s'égare; la facilité de parole dans la hâte de l'improvisation amène un

peu de gaité dans la littérature hydrologique; mais l'observateur étranger aurait tort de juger uniquement sur ces apparences extérieures. La Commission prend son rôle très au sérieux. On ne saurait avoir assez d'admiration et d'éloges pour le courage avec lequel elle a exposé la situation vraie, sans aucune réticence. On sent à chaque page qu'elle est animée du désir de bien faire, et, chose surtout remarquable, elle a su se garder des emballements. Le Service technique et l'autorité administrative se tromperaient, je crois, s'ils confondaient ces critiques avec les oppositions bruyantes qu'ils ont rencontrées jusqu'ici. Mazarin aimait à entendre chanter les Parisiens. On doit se méfier des gens qui ne crient point. La Commission a déjà obtenu un résultat : c'est de faire admettre comme une nécessité éventuelle la purification préalable de certaines sources. Le Service technique essaie d'échapper à cette complication. Je crois que ce n'est qu'une tentative. Si la Commission persiste, avec calme, mais avec décision, elle aura gain de cause. Le Service technique utilisera toute la capacité de l'aqueduc de l'Avre et augmentera son débit de 50 %; il captera au moins les Boscherons parce que, dans la situation actuelle, c'est probablement de loin le projet le moins coûteux et le plus pratique; mais il le filtrera. Et ce sera pour le plus grand bien de tout le monde.

M. Van den Broeck donne ensuite lecture de la note ci-après :

NOTE RÉTABLISSANT LES CONDITIONS RÉELLES

DES

EXPÉRIENCES DE LA NOIRAIGUE

PAR

E. VAN DEN BROECK

(Note additionnelle relative à la critique des conclusions
de MM. Fournier et Magnin.)

Lorsque MM. Fournier et Magnin, dans leur récente Note à l'Académie des Sciences de Paris (1), exposent les éléments de comparaison et les résultats expérimentaux qui leur ont permis d'affirmer que dans les conduites souterraines des terrains fissurés, l'amidon circule avec une vitesse *considérablement plus grande* que la fluorescéine, ils citent,

(1) E. FOURNIER et A. MAGNIN, *Sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines*. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, t. CXXXVI, n° 14 (6 avril 1903), pp. 910-912.

à l'appui de leurs vues, une série d'expériences faites par divers spécialistes, expériences dont il semblerait que les résultats ont réellement pu servir de base aux conclusions des auteurs précités.

Plusieurs de nos confrères, parmi ceux ayant pris part à l'intéressant débat ouvert, au sein de la Société belge de Géologie, sur la vitesse circulatoire des eaux souterraines en terrains fissurés, ont mis en évidence l'absence de valeur de certains des exemples, assez mal choisis, rapportés par MM. Fournier et Magnin.

Le hasard m'a mis ces jours derniers en possession d'un document venant s'ajouter à ceux déjà réunis au sujet du peu de fondement de la thèse déconcertante d'après laquelle l'amidon en suspension dans l'eau des conduits souterrains du calcaire marcherait infiniment plus vite que la fluorescéine en dissolution dans cette même eau.

C'est en feuilletant le numéro du 15 mai 1902 des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, de Genève, que j'ai pu recueillir cette documentation, que j'ai complétée, l'examen de cartes topographiques détaillées m'ayant permis de préciser encore les données du problème.

Il s'agit, en l'espèce, d'une communication faite à la séance du 20 décembre 1901 de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles, par le Prof^r AUG. DUBOIS, et intitulée : *Sur deux essais de coloration de la Noiraigue à la fluorescéine*.

Que nous disaient MM. Fournier et Magnin ?

Simplement le contenu du paragraphe suivant, sans autre commentaire et sans aucun renseignement restrictif; ce qui faisait fatalement croire à la réalité de deux expériences *concluantes* et nettement *comparatives*, établissant pour l'amidon un trajet ayant duré huit heures et pour la fluorescéine un trajet de deux cent quatre heures, soit vingt-cinq fois et demie plus lent.

Expériences diverses. — Dans des expériences faites avec d'autres substances que la fluorescéine (sel, amidon), on observe toujours des vitesses plus grandes : *Noiraigue* (expérience *Desor* avec amidon), huit heures, au lieu de deux cent quatre heures.

Or, voici maintenant ce que nous apprend la Note de M. Dubois, complétée par quelques données géologiques fournies par M. le Prof^r Schardt et par les renseignements topographiques que j'ai pu extraire des cartes détaillées de la région.

Il existe à une minime distance au Nord du lac de Neuchâtel et au delà du val de Travers, une région de hauts plateaux sensiblement horizontaux, située à l'altitude d'environ un millier de mètres. C'est la

plaine située entre « les Ponts » et la Noiraigue, affluent de l'Areuse. Cette région consiste en une large cuvette collectrice des eaux superficielles ou météoriques; elle est formée d'un substratum de marnes imperméables séquanienues et urgonienues, du Jurassique supérieur. De vastes marais tourbeux s'y étendent et, au moment des crues, les tourbières subissent une forte lessivage, affectant naturellement la composition, les propriétés et la couleur des eaux de ruissellement et des eaux courantes.

Au pied des coteaux qui bordent cette plaine marécageuse existent des entonnoirs d'absorption appelés dans le pays : « emposieux ». C'est dans ces entonnoirs que viennent se réunir et s'engouffrer souterrainement les eaux courantes des ruisseaux et celles des ruissellements temporaires du flanc de la vallée.

Le plus important de ces entonnoirs — où se déversent deux ruisseaux, « les Bieds », coulant au milieu des marais — s'appelle l'emposieu du Voisinage. Alors que le chapelet des autres entonnoirs est à sec pendant l'été, le « Voisinage » absorbe continuellement un certain volume d'eau; mais la résurgence, qui, à 4 kilomètres au Sud, fait apparaître, au point appelé la Noiraigue (eaux noires), ce que tout le monde depuis longtemps s'accordait pour considérer comme le résultat probable du drainage souterrain du plateau et de la vallée des Ponts, donne lieu à un débit au moins vingt-cinq fois plus considérable, dit M. Dubois, que celui de l'absorption du « Voisinage » (1).

Le point d'émergence de cette « source » est, fait observer M. Schardt, déterminé par un accident géologique, soit une faille transversale qui met en présence l'Urgonien de la lèvre Sud-Ouest et le Séquanien de la lèvre Nord-Est de la rupture. C'est *le point le plus bas*, constate l'auteur précité, *où les calcaires perméables du Séquanien affleurent au niveau de la vallée* : c'est donc là que l'eau du réseau souterrain doit déborder. C'est au pied d'un escarpement calcaire dit des « Roches blanches », dont le sommet atteint un millier de mètres d'altitude, que jaillit, vers la cote 750, la résurgence de Noiraigue, où le thalweg de la vallée descend à la cote de 715 mètres environ.

Les eaux de la résurgence sont généralement jaunâtres, et cette teinte, qui s'accroît au moment des crues survenant dans le bassin tourbeux récepteur d'amont, provient évidemment de l'influence des matières colorantes de la tourbe des plateaux drainés.

(1) D'après M. Schardt, la température de la Noiraigue varie de 6 à 7° et le volume de son débit oscille entre 500 et 5 000 litres par seconde environ.

Ces données topographiques étant fournies, voici maintenant l'exposé de ce qui a été fait en matière d'expériences, et l'on va voir en quoi consistent *en réalité* les éléments dont l'interprétation erronée par MM. Fournier et Magnin les ont incités à exposer les conclusions que l'on sait sur la différence de vitesse des substances employées dans les expériences.

Desor, en 1864, tenta le premier de déterminer la durée du trajet présumé souterrain des eaux circulant entre l'entonnoir du Voisinage et la « source » dite la Noiraigue, donnant naissance au court ruisseau de ce nom, tributaire de l'Areuse. Pour ce faire, il fit verser un fort volume d'*empois d'amidon* dans l'« emposieu », puis descendit à la Noiraigue, où, à l'aide de la réaction de l'iode sur l'amidon, il essaya, mais assez vainement, avec le concours d'un jeune aide plus zélé qu'expérimenté, de déterminer l'instant de l'apparition de cette substance.

On peut trouver, pages 37-39 du tome VII (1864-67) du *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel*, le détail de l'expérience, et il est facile de constater que ses résultats furent très loin d'être probants (1).

Il semble d'ailleurs acquis que la très faible *coloration bleuâtre* que Desor avait cru observer dans le récipient prélevé vers la huitième heure et *essayé* par un aide peu expérimenté, était, dit M. Ch. Dubois, le fait d'UNE SIMPLE ILLUSION. « Desor crut cependant pouvoir admettre que l'eau de l'emposieu du Voisinage employait *huit heures* à parcourir le trajet qui sépare ce point de la source de la Noiraigue, et ce résultat, à cette époque déjà lointaine, fut généralement considéré comme un fait acquis. »

Les constatations qui vont suivre suggérèrent à M. Aug. Dubois des doutes que d'autres, avant lui, avaient déjà émis d'ailleurs sur les résultats si incertains de l'expérience Desor avec ses 4 kilomètres qui auraient été parcourus en huit heures par l'amidon.

A environ 11 à 12 kilomètres à l'Ouest de la Noiraigue et non loin de La Brévine, située à 1 kilomètre de la frontière française, se trouve, à

(1) Rien moins que certains furent les résultats des constatations, faites en l'absence de M. Desor, par son jeune aide improvisé (le fils du meunier), qui n'avait pu résister à la tentation de verser lui-même l'iode dans la série des verres ayant servi de récipient pour les échantillons recueillis, ce qui *parut* faire légèrement bleuir celui de 8 heures après le déversement. Aussi M. Desor, dans un compte rendu de l'expérience, dit que « quoique cette expérience lui semble assez digne de confiance, il désire cependant que la Société provoque de nouvelles expériences ».

Dans la discussion qui suivit l'exposé de celle-ci, MM. Kopp et Hirsch montrent nettement qu'elle ne leur inspire aucune confiance. La couleur du verre employé est indiquée par l'un d'eux comme la cause possible de la légère teinte bleuâtre observée.

l'altitude de 1 045 mètres, le petit lac des Taillières, long d'environ 1 500 mètres. Or, une branche souterraine de l'Areuse paraissait devoir s'alimenter entre autres à un des *entonnoirs* du lac des Taillières et, passant sous des chainons calcaires qui s'élèvent jusqu'à la cote d'environ 1 250, semblait se déverser dans la vallée de l'Areuse, à Saint-Sulpice, aux environs de 750 mètres d'altitude. Cette communication, soupçonnée, fut nettement démontrée par une expérience à la fluorescéine, de M. le Prof^r Schardt, croyons-nous, et qui réclama *treize jours* de propagation souterraine pour un trajet d'environ 6 kilomètres.

Ayant eu connaissance de ces faits en 1900, M. le Prof^r Dubois se dit qu'un tel résultat rendait *absolument invraisemblable* — alors qu'on se trouvait dans les mêmes conditions générales, dans le même sens d'écoulement, dans les mêmes terrains calcaires et à quelques kilomètres de distance seulement — le résultat resté problématique de Desor, soit un cheminement de *huit heures* pour 4 kilomètres.

M. Dubois résolut donc de recommencer, mais à l'aide de la fluorescéine, dont les résultats devaient être mieux perceptibles que ceux de l'amidon, l'expérience de circulation souterraine de la Noiraigue.

Voici textuellement ce qu'il dit des deux essais exécutés par lui (1) :

« *Premier essai.* — Le 4 mai 1901, à 5 ¹/₂ heures du soir, je versai dans l'empoisieu du Voisinage 2 kilogrammes de fluorescéine. Les eaux étaient hautes et la Noiraigue débitait environ 2 500 Lm (2). Dans les jours qui suivirent, quatre échantillons d'eau par vingt-quatre heures furent prélevés à la source. La coloration verte réapparaît le 13 mai, à 5 heures du matin, et se maintient jusqu'au lendemain. Elle a donc mis *huit jours et demi* à passer du Voisinage à la Noiraigue.

» *Deuxième essai.* — Le 26 juillet 1901, à 5 heures du soir, je versai de nouveau 5 kilogrammes de fluorescéine dans l'empoisieu du Voisinage. La Noiraigue était cette fois à l'étiage, mais dans la semaine qui suivit, une série de violents orages firent enfler les cours d'eau à tel point que le jour où la couleur réapparut, la Noiraigue débitait au moins 3 000 Lm, soit un volume supérieur à celui que je notais lors du premier essai.

» La fluorescéine se montra à Noiraigue avec assez d'intensité pour être visible à l'œil nu, le 2 août, à 6 heures du matin, et persista

(1) AUG. DUBOIS, *Sur deux essais de coloration de la Noiraigue à la fluorescéine*. ARCH. DES SC. PHYS. ET NAT. (Genève, *Bibl. univers.*), t. CVII, 4^e série; t. XIII, n^o 5 (15 mai 1903), pp. 511-513.

(2) Litres par minute.

durant trente-six heures. Dans le deuxième essai, l'eau a donc mis *six jours et demi* pour passer du Voisinage à Noiraigue.

» Dans ces deux expériences, la coloration a réapparu très affaiblie, à tel point même que, dans le premier essai, elle ne fut reconnaissable que grâce au tube noir (1). Ce résultat est peut-être dû à une action destructive de l'acide ulmique de la tourbe, mais je crois devoir plutôt l'attribuer à l'énorme masse de l'eau emmagasinée dans la cuvette souterraine de la vallée. »

En quoi se résume tout ce qui précède? Nous sommes cette fois en présence d'expériences positives, concluantes, qui, par deux fois, en des régimes hydrologiques différents, ont fourni des résultats proportionnels et corrélatifs indiscutables. Elles ont démontré que les 4 kilomètres de calcaire jurassique séparant l'entonnoir du Voisinage de la résurgence de Noiraigue ont été parcourus par la fluorescéine tantôt en huit jours et demi, tantôt en six jours et demi. Or, de tels résultats constituent la *démonstration* de l'*erreur d'interprétation* de M. Desor, qui avait cru, près de trente-sept ans auparavant, avoir observé le même passage en huit heures à l'aide de l'amidon. Et la valeur de cette réfutation expérimentale se trouve encore accentuée par l'expérience, rapportée tantôt, du lac de Taillières, où une traversée de 6 kilomètres a exigé treize jours.

Or, bien loin, comme il convenait, de considérer comme *nulle et non avenue* la douteuse interprétation de l'insuffisante observation de M. Desor, en 1864, MM. Fournier et Magnin mettent en présence, en *parfaite égalité de valeur démonstrative*, les résultats des deux expériences concordantes de 1901 avec ceux, problématiques et incertains, de l'expérience de 1864, et ils concluent, bien à tort assurément, que l'amidon, à Noiraigue (expérience Desor), a marché 25 $\frac{1}{2}$ fois plus vite que la fluorescéine! Tel est le fait qu'il importait de mettre en lumière, parce qu'il y a lieu, avant tout, de contribuer à faire éviter le *danger public* qu'il y aurait à laisser s'accréditer, surtout dans le monde, trop fréquemment incompetent, des administrations publiques, dispensatrices des eaux potables et de l'utilisation des sources, des erreurs scientifiques d'autant

(1) Au lieu du fluorescope, si recommandable, du type Trillat-Marboutin, on emploie parfois, en Suisse, un tube court (0^m,20), qui a l'avantage d'être très portatif, il est vrai, mais qui, sauf en plein soleil, ne donne pas des résultats aussi précis. C'est un tube ouvert à son extrémité supérieure seulement, entièrement recouvert de papier noir mat et muni sur toute sa longueur d'une fenêtre étroite, que l'on tourne vers la lumière solaire, ou vers une source très vive de lumière artificielle, en regardant à l'intérieur du tube. C'est le dispositif imaginé par M. le Prof^r Schardt, et que plusieurs de ses compatriotes ont adopté.

plus aptes à se propager dans le grand public qu'elles ont été, dans le cas présent, publiées, sous une forme trop brève, et permettant des interprétations inexactes, dans le savant recueil hebdomadaire de l'Institut de France (1).

ANNEXE.

Parmi les bases d'appréciation que MM. *Fournier* et *Magnin* donnent, dans leur article du 6 avril dernier, à l'Académie des sciences, pour appuyer leurs conclusions sur les différences de vitesse de la fluorescéine et des autres substances employées, ils citent encore l'expérience *Jeannot* à la source d'Arcier, près Besançon, qui a fourni 9 heures 50 minutes pour la durée de cheminement du sel, en opposition avec 92 heures pour la fluorescéine.

Or M. Fournier fournit lui-même, dans le document officiel de son *Rapport sur les causes de contamination de la source d'Arcier*, daté du 12 mars 1902 et adressé à M. le préfet du Doubs, la démonstration des conditions expérimentales d'une telle divergence de dates, qu'il n'est pas admissible de chercher à les mettre en rapport de comparaison dans leurs résultats. On lit en effet, page 4 de ce rapport, qu'il s'agit, en premier lieu, d'une expérience faite en 1886 par M. Jeannot, directeur des eaux de la ville de Besançon, qui jeta 1 000 kilogrammes de *sel marin* dans l'entonnoir de Nancray, déversement ensuite duquel un alignement de résurgences partielles montra, après 4 heures, l'arrivée de la solution à la « source » du Grand-Vaire, puis à Courcelles et enfin à la source d'Arcier (qui alimente Besançon) au bout de 9 heures 50 minutes.

Quant à l'expérience à la *fluorescéine*, elle fut exécutée le 25 avril 1894, soit huit ans plus tard, par M. Jeannot et quelques amis, qui constatèrent, outre une coloration aux résurgences du Grand-Vaire et de Courcelles, que 95 heures après le jet l'eau arrivait verte *en ville* par le captage de la source d'Arcier.

On conviendra qu'il n'y avait pas lieu d'essayer de baser des *conclusions* sur la vitesse comparative des diverses substances expérimentées dans de telles conditions.

(1) Les auteurs reconnaissent, en effet, eux-mêmes, de bonne grâce, que la forme trop succincte de leur Note à l'Académie, réglementairement limitée, est en grande partie cause des erreurs d'interprétation qu'elle peut provoquer, en laissant croire à des généralisations qui n'étaient pas dans la pensée de MM. Fournier et Magnin.

Comme corollaire à la note qui précède, M. *Rahir* expose au tableau noir les résultats obtenus il y a deux jours dans des expériences faites, par M. Van den Broeck et lui, sur la propagation de la fluorescéine dans un cours d'eau à ciel ouvert, favorablement disposé pour l'observation, résultats démontrant péremptoirement les conditions de la marche normale de celle-ci dans l'eau.

**Une expérience au sujet du mode de propagation
de la fluorescéine, par EDM. RAHIR.**

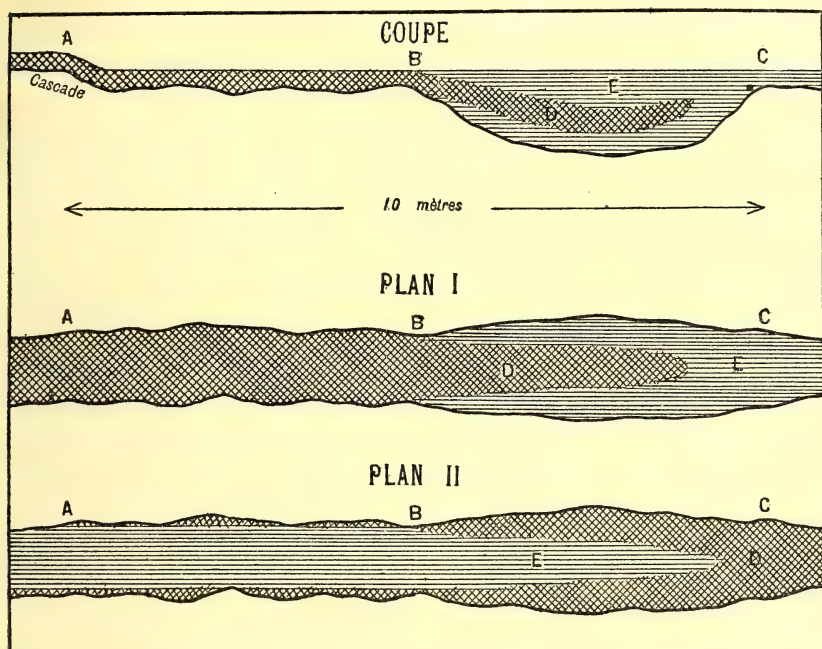
Tout récemment nous avons eu l'occasion, M. *Van den Broeck* et moi, de faire une petite expérience sur le mode de propagation de la fluorescéine; cette expérience est en contradiction avec cette idée — fausse selon nous — émise par certains auteurs, que la marche de la matière colorante dissoute dans l'eau courante serait en retard sur la masse liquide qui la véhicule ou sur les corps flottants ou en suspension qui y sont entraînés.

Notre champ d'expérience était un petit ruisseau (voir la figure ci-jointe) dont la section entre A et B était de faible profondeur avec courant rapide et dont la section B-C était une cuvette remplie d'une eau tranquille dont la profondeur atteignait environ 0^m,35. En A, en amont d'une petite cascade, nous déversons *en une fois* un récipient dans lequel 10 grammes de fluorescéine avaient été au préalable soigneusement dissous. La matière colorante a mis dix secondes à parcourir la distance entre A et B. Entre B et C, la fluorescéine a mis trente secondes à effectuer ce trajet, mais, au début, elle n'a coloré que le grand axe du bassin (voir la coupe); c'est-à-dire qu'elle a suivi le courant dans sa partie la plus rapide, la tête s'avancant sous forme de cône. Il était visible que les eaux de surface marchaient beaucoup plus lentement. Peu à peu la matière colorante a envahi le bassin tout entier. Nous avons pu constater ensuite que les corps flottants les plus légers mettaient quatre-vingt-dix secondes à effectuer le trajet B-C; c'est-à-dire que la vitesse était trois fois moins grande que celle de l'eau colorée par la fluorescéine.

La fin de l'expérience est également intéressante. L'eau, alors absolument incolore, s'avancait dans l'axe du ruisseau coloré, sous forme de cône très allongé (plan 2), et pendant longtemps encore l'élément liquide retenu contre les parois du bassin est resté coloré. Cela s'explique par ce fait physique bien connu, que la vitesse du courant est considérablement ralentie en ces points et par ce que les accidents

naturels du sol contribuent encore à augmenter ce retard dans certaines parties localisées, excavations, etc.

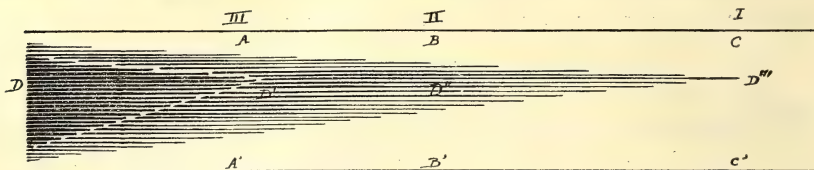
M. Van den Broeck et moi nous avons la conviction — comme précédemment — que la matière colorante dissoute dans l'eau, surtout à l'état d'extrême dilution comme peut l'être la fluorescéine, *ne peut pas être en retard* sur l'eau, qui fait corps avec elle.



La masse liquide d'un cours d'eau présentant de grandes variétés de vitesses en ses divers points, suivant des causes multiples, on peut dire que telle ou telle partie du courant est en retard sur telle ou telle autre, mais on ne peut dire que la fluorescéine dissoute dans l'eau est en retard sur l'élément qui fait partie intégrante avec elle.

A la suite de cette communication, et tant pour la compléter que pour exposer les **précautions à prendre pour constater la première apparition et la disparition de la matière colorante**, M. E. VAN DEN BROECK fait observer avec quelle prudence, avec quelle sagacité même, il faut procéder quand on désire se rendre exactement compte — en l'absence de fluorescéine visible à l'œil nu — si la matière colorante, infiniment diluée et visible au fluorescope seulement, est réellement présente ou non.

Soit, par exemple, le dispositif du croquis ci-dessous (1), considéré comme une coupe longitudinale de cours d'eau, dans lequel $A B C$ représente la surface libre du liquide; $A' B' C'$ le fond du lit; D la partie *très colorée et visible à l'œil nu* de la solution : $D' D'' D'''$, l'avant-garde ou tête de la fluorescéine de plus en plus diluée vers l'aval.



Il s'agit, en l'espèce, d'apprécier l'instant de la *première apparition*, en I ou en II, de l'extrême tête affectée, mais invisible, D''' : ce qui, du même coup, fournira une base d'estimation corrélative de la vitesse maximum de l'eau en mouvement (2).

Supposons maintenant qu'en vue de résoudre ce problème, l'observateur, placé en I ou en II, puise à la *surface* du cours d'eau, même dans sa partie supérieure centrale en C au-dessus de $D' D''$, un échantillon qu'il examine ensuite au fluorescope. *Il ne verra rien*, et cependant la tête colorée, mais diluée, D''' aura déjà *dépassé* les deux postes d'observation, mais elle sera localisée, bien entendu, à quelque distance sous le niveau des eaux, légèrement retardées, de la surface $A B C$. L'observation des postes I et II sera donc fautive et le résultat ne sera nul que parce qu'il aura été mal cherché.

Considérons maintenant la figure comme un plan, en faisant abstraction du peu important manque de symétrie de l'axe $D' D'' D'''$ par rapport aux bords $A B C$ et $A' B' C'$.

Ici encore, les observateurs des postes précédents auront beau puiser leurs échantillons sur les bords $B B'$ et $C C'$ du cours d'eau et les étudier au fluorescope, ils *ne verront rien non plus*, alors que s'ils avaient songé à puiser judicieusement dans la partie, *très localisée*, représentée en coupe par $D' D'' D'''$ (3), que les lois de l'hydrodynamique

(1) Dans ce schéma, comme dans le suivant, il n'y a pas lieu de s'occuper de la question des *dimensions relatives*. D'une part, la queue de la fluorescéine doit être beaucoup plus allongée que la tête; d'autre part, la forme conique nécessitée par le défaut d'étendue du schéma, doit en réalité faire place à une forme cylindro-conique de la zone $D' D'' D'''$, beaucoup plus allongée et étirée.

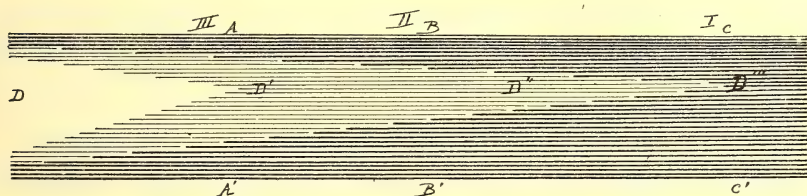
(2) Dans le schéma ci-dessus, la zone $D' D'' D'''$ a été rendue beaucoup trop perceptible.

(3) Dans un canal régulier et rectiligne, le maximum de vitesse des filets liquides semble devoir se trouver au milieu de la largeur et aux deux tiers environ de la hauteur de la masse liquide en mouvement.

mique permettent de considérer comme coïncidant avec les filets d'eau les *plus rapides* du courant, ils auraient pu recueillir, sans coup férir, des échantillons qui, au fluorescope (sans que, rien à l'œil nu, ne pût faire déceler la présence de la matière colorante), se montreraient constituer, spécialement en I, l'avant-garde, la tête réelle du déversement de fluorescéine; renseignement qui, du même coup, fournira très exactement pour ce poste n° I la mesure de la vitesse maximum des filets liquides en mouvement dans le cours d'eau. En dehors des phénomènes de coloration retardataire, visible à l'œil nu, fluorescéine et même fluorescope ne donnent donc *tous* leurs résultats qu'à condition que l'on choisisse avec discernement et méthode les points d'échantillonnage.

Et c'est faute de précautions de l'espèce que tant d'idées fausses sur la prétendue divergence des vitesses de l'eau et des diverses substances expérimentées ont pu continuer à se maintenir et à rester admises dans la Science jusqu'ici.

Dans la figure suivante, on trouvera le schéma de la phase finale de l'expérience. Considérons-la d'abord comme un plan. Les zones A B C, A' B' C' représentent maintenant les régions des eaux retardées, sur les bords du cours d'eau, par suite du frottement et obstacles (anses et herbages dans la réalité). Une coloration assez vive, parfois même encore intense, caractérisera, au moins par place, après un certain temps, ces parages latéraux du cours d'eau, coloration qui ne se délaiera que lentement sous l'action aspirante continue du courant central, plus rapide. (Voir aussi le plan II de la figure insérée p. 399.)



Qu'il soit posté en I, en II ou même en III, l'observateur constate pendant longtemps encore en A, B et C une coloration assez vive dans les régions du cours d'eau accessibles à sa vue, et il sera tenté de l'attribuer au *passage prolongé* des eaux affectées au point de déversement, en amont. Si maintenant nous considérons le dessin comme une coupe, on obtiendra le même résultat, c'est-à-dire que la surface retardée A B C montrera avec persistance le flot de fluorescéine, qui

cependant, par diffusion, aura ici coloré *d'autres eaux* que celles affectées par le déversement initial, et dont la vitesse nous occupe.

Aussi, au centre de cette gaine encore très colorée, existe déjà un cône ou une flèche D' D'' D''' d'eaux qui, vues isolées et à l'œil nu, paraîtraient limpides et qui, au fluorescope seulement, montreront l'action de la diffusion initiale, ou latérale peut-être, sur des flots d'eau ayant succédé à celui directement affecté par le déversement.

En réalité, le phénomène du passage des eaux *initialement colorées* est *terminé*, et seule la diffusion ultérieure permet, avec l'aide du fluorescope, de déceler les dernières traces de fluorescéine dans l'eau quasi pure D' D'' D'''. Quant à l'observateur placé en III, il aura, à l'œil nu, la notion d'un passage continu du flot de fluorescéine et sera porté à admettre une durée *exagérée* au phénomène. Si, à l'aide d'un dispositif approprié, il pouvait puiser *sous* la surface liquide, en D, il constaterait qu'un flot central d'eau *absolument pure* a, depuis quelque temps déjà, remplacé, dans le sein du courant, les eaux soumises au déversement coloré, dont les effets paraissent cependant persister à l'œil nu pour l'observateur qui, des bords, examine l'aspect du cours d'eau.

Les évaluations et calculs de *vitesse* de l'eau et de la fluorescéine, ceux des *durées réelles* de passage de la matière colorante ne résultant pas de diffusions ultérieures ou de retards en des zones localisées de surface ou latérales et de thalweg, tout cela devrait pouvoir s'estimer sans tenir compte des impressions visuelles extérieures, qui ne constituent qu'un facteur très secondaire et sujet à de multiples causes d'erreurs d'appréciation. Il convient donc, ajoute M. Van den Broeck, de rechercher à l'aide de *quels dispositifs pratiques* on pourrait échantillonner de manière à assurer le plus possible la récolte de témoins coïncidant avec les zones linéaires, ou très ténues en tête, de vitesse maximum des eaux, véhicule des éléments éventuels microbiens aussi bien que des molécules colorées.

C'est surtout pour les cas où les expériences paraissent donner des résultats *négatifs*, par suite de la trop grande diffusion de la fluorescéine, alors non visible à l'œil nu, que de tels appareils de prélèvement — qui paraissent d'ailleurs assez simples à exécuter — seraient appelés à rendre, dans la pratique, de précieux services. En effet, si, grâce à la manière judicieuse de *recueillir* les échantillons, on peut se mettre en situation de ne plus laisser échapper les filets de rapidité maximum de l'eau où paraît devoir se localiser le moindre indice de fluorescéine décelable seulement au fluorescope, on pourra espérer qu'il y a ainsi un moyen nouveau et plus précis encore d'obtenir des *résultats positifs*. Il

sera ainsi possible de déceler, avec de grandes chances de réussite, des *communications* avec le lieu de déversement, alors que tout autre système, même avec l'emploi du fluorescope, mais avec un choix moins judicieux des échantillons, ne parviendra pas à révéler la réalité des faits si importants de communications souterraines restées non décelables par l'arrivée *visible* de la fluorescéine.

Dans une prochaine communication, MM. *Rahir* et *Van den Broeck* aborderont probablement, après expérimentation préalable, la discussion des dispositifs pratiques qui leur paraîtraient les mieux appropriés pour remplir les desiderata qui viennent d'être indiqués.

M. le *Secrétaire général*, faute de temps et désireux de laisser à ses collègues inscrits à l'ordre du jour le loisir d'exposer de vive voix leurs communications, dépose, en vue de l'impression pour le procès-verbal, sous réserve d'adoption par le Bureau, le manuscrit de la Note ci-dessous :

L'INDÉPENDANCE

DE

SOURCES D'ORIGINES ET DE TEMPÉRATURES DIFFÉRENTES

infirmée par la fluorescéine.

ANALYSE D'UNE ÉTUDE DE M. LE PROFESSEUR SCHARDT

consacrée aux

SOURCES VAUCLUSIENNES DU MONT-DE-CHAMBLON

ET CONSÉQUENCES PRATIQUES A TIRER DE CES OBSERVATIONS

PAR

Ernest VAN DEN BROECK

Je crois utile de signaler à mes collègues, aux spécialistes principalement, de curieuses observations mentionnées par M. le Prof^r *H. Schardt* au cours des données qu'il a exposées sur l'origine des sources vauclusiennes du Mont-de-Chamblon (1).

Tout d'abord, le problème dont l'auteur cherche la solution dans cette étude est celui-ci :

Il existe près d'Yverdon, dominant d'environ 112 mètres le bord occidental de la plaine marécageuse et alluviale de l'Orbe, une colline d'environ 5 kilomètres carrés de superficie, s'élevant à l'altitude de

(1) H. SCHARDT, *Notice sur l'origine vauclusienne du Mont-de-Chamblon*. — Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles, t. XXVI (1898). — Neuchâtel, 1899, pp. 211-227, avec une planche coloriée.

554 mètres et formée par un véritable ilot de terrain néocomien (Hauterivien et Valangien) dont la structure géologique est peu favorable à la formation des sources.

Si absolument *toute* l'eau d'infiltration de l'ilot était employée à cet effet et revenait au jour, on obtiendrait un volume total d'environ 1 200 litres à la minute. Or, vers la base des flancs Nord et Nord-Ouest de la colline, on trouve étagées depuis le niveau inférieur des marais (altitude 440 mètres) jusqu'à une trentaine de mètres de hauteur, une série de sources volumineuses pouvant débiter en fortes eaux jusqu'à 20 000 litres par minute.

Il en est qui, à 50 mètres au-dessus du marais, débitent, en eaux moyennes, 2 000 litres à la minute avec une température de 10°. Un autre groupe, à 5 mètres de hauteur seulement, débite, par cinq orifices principaux, 6 à 8 000 litres à la minute à la même température. Toutes sortent du calcaire valangien. Une source débitant seulement 100 litres à la minute atteint 15° et émerge au niveau de la marne hauterivienne.

Enfin, le double groupe de sources, dit du Moulin-Cosseau, montre des venues inférieures, à 2 mètres au-dessus du niveau du marais et ayant 12°5 et des sources un peu supérieures (2 mètres plus haut) ayant 14°5. Il y a donc là de vraies venues thermales, et les deux groupes du Moulin débitent 4 à 5 000 litres à la minute. Elles sortent visiblement d'une fracture ou pli-faille.

Des expériences réitérées à la fluorescéine, faites en mai et en juin 1898, par M. Schardt, en vue de déterminer la région d'origine de ces eaux, expériences dont le détail, très intéressant, se trouve exposé dans l'article signalé ici, démontrèrent une relation évidente entre les sources du Mont-de-Chamblon et les eaux du marais de Baulmes qui, à 5 kilomètres de distance du Mont-de-Chamblon, se perdent dans un terrain situé à l'altitude de 652 mètres, au pied de la colline de Feurtille (1).

Un grand synclinal de terrain crétacé (Valangien, Hauterivien et Urgonien), recouvert par les hauteurs miocènes de la colline de Champvent (environ 540 mètres), sépare ce point d'engouffrement de la région des sources du Mont-de-Chamblon (altitude de la plaine : 440 mètres).

(1) Il est à noter qu'une partie des eaux de la source Décoppet est utilisée comme eau potable dans le village de Mathod, à 2 kilomètres de cette résurgence. Le débit de cette source est cependant des plus variables ; à l'époque des grandes sécheresses, dit M. Schardt, il est réduit à quelques centaines de litres et tarit parfois presque complètement.

Sauf à la petite source intermédiaire de la Blancherie, à plancher de marne hauterivienne et débitant 100 litres par seconde, *tous les groupes de sources*, en deux expériences successives, se montrèrent colorés par la fluorescéine, mais avec certaines différences dans le temps d'arrivée du phénomène et avec de grands écarts dans l'intensité de la coloration.

La source supérieure (dite de la Grange-Décoppet), située à 50 mètres au-dessus du sol des marais, fut la première atteinte, une première fois en quarante heures, la seconde fois en quarante-deux heures après le déversement au gouffre de Baulmes (4 kil.) (1).

Les sources du Moulinet, situées à 6 mètres au-dessus de la plaine et à 1 kilomètre plus loin, réclamèrent deux heures de plus pour montrer les premières traces de la fluorescéine et une heure plus tard la coloration y était intense. Il fallait encore attendre sept heures pour voir arriver à toutes les sources des deux groupes du Moulin-Cosseau les premières traces de fluorescéine, et dans ce groupe, la coloration resta très faible, le vingtième environ de ce qu'elle était aux sources des niveaux de 50 et de 6 mètres.

Déjà la teinte légèrement jaunâtre, couleur de l'eau des tourbières, desdites sources, avait fait prévoir à M. Schardt, avant les résultats de ses expériences et conformément à la grande variabilité de leur débit, que ce pouvaient bien être les résurgences de conduits souterrains s'alimentant aux eaux tourbeuses du marais de Baulmes.

Mais les sources du Moulin-Cosseau paraissent être des eaux profondes venant de loin, amenées par la faille de ces parages, eaux thermalisées et disposées, pense M. Schardt, en courants différents, vu les différences de température qu'elles présentent. Il me paraît cependant plus admissible de croire à l'existence d'un courant d'amenée interne *unique* et à un refroidissement d'ambiance externe pour le groupe des sources inférieures. Si la fluorescéine s'est manifestée dans toutes ces sources du Moulin-Cosseau, quoique tardivement et à faible dose, c'est, pense avec raison M. Schardt, qu'un filet d'eau étranger et venant des courants émanant du marais de Baulmes, alimentant les sources supérieures (du Moulinet spécialement), vient se mélanger à la venue lointaine interne et pseudo-thermale.

Qu'on me permette maintenant d'ouvrir une parenthèse ayant pour

(1) La quantité de fluorescéine employée a été, à chaque expérience, de 2 kilogrammes. La seconde expérience, où le trajet a été effectué en quarante-deux heures, été faite en eaux plus moyennes.

but de montrer combien les communications souterraines du régime hydrologique des calcaires sont variables et se modifient suivant le régime des eaux, tant en parcours qu'en durée. Cela revient aussi à dire que la connaissance du régime souterrain des eaux dans de tels terrains ne peut guère s'obtenir à l'aide de renseignements uniques.

Lors d'une série d'excursions qui eurent lieu à l'occasion de la session de 1899 de la Société géologique suisse, dans une course conduite le 5 août par M. le Prof^r Schardt, une surprise avait été ménagée aux excursionnistes visitant la région ci-dessus mentionnée (1). En leur honneur, un déversement à la fluorescéine avait été fait, en temps voulu, dans l'entonnoir de Baulmes, à Feurtille, et, à l'arrivée des géologues aux fontaines de Mathod, celles-ci devaient se montrer colorées tout au moins par l'apport de la source importante de la Grange-Décoppet.

Mais la surprise fut pour les organisateurs, car rien n'était coloré.

Comme on était en ce moment en très basses eaux, cela signifiait que le trajet, différent sans doute, ou moins rapide, n'avait pu encore s'effectuer jusqu'aux résurgences. En effet, il résulte des constatations faites après le départ des excursionnistes que la coloration n'a apparu que le 9 août au soir à la Grange-Décoppet et au Moulinet. Au Moulin-Cosseau, elle n'a apparu que le 10 août à 6 heures du matin. Le trajet a donc cette fois réclamé 150 heures au lieu de 40 à 42 heures, soit une durée près de quatre fois plus prolongée.

Alors que dans les essais précédents toutes les sources du Moulinet s'étaient montrées colorées avec la même intensité, il n'y eut cette fois que le groupe inférieur de sources de ce nom qui montrèrent la coloration. Le régime des communications et parcours était donc bien différent, et il y a là d'utiles renseignements à méditer.

Je reviens maintenant à la première Note de M. Schardt, et du chapitre de ses *Conclusions* j'extrais littéralement les paragraphes suivants, complétant l'exposé qui précède et faisant suite aux conclusions initiales, d'après lesquelles sont reconnues établies : 1° la *corrélation* indiscutable de toutes les grandes sources du Mont-de-Chamblon avec l'eau du ruisseau du marais de Baulmes, engouffrée à 4-5 kilomètres de distance par l'entonnoir de Feurtille; 2° la *diversité* de ces corrélations, intimes et très directes en ce qui concerne les sources supérieures du Moulinet

(1) Dr H. SCHARDT, *Compte rendu des excursions de la Société géologique suisse, juillet-août 1899*. ECLOGÆ HELVETICÆ, vol. VI, n° 2, janvier 1900 (v. pp. 151 et 152).

et de la Grange-Décoppet, qui en dérivent presque exclusivement; accessoires et indirectes pour le groupe des sources du Moulin-Cosseau.

Le trajet de la matière colorante exige, en eaux moyennes, juste quarante heures, soit dix heures par kilomètre, pour arriver de Feurtille (4 kilomètres) à la Grange-Décoppet, tandis que de ce dernier endroit au Moulinet, distant de 1 kilomètre, il ne faut que deux heures.

Il y a donc lieu de présumer que sur le trajet de Feurtille au Mont-de-Chamblon, l'eau traverse de vastes cavités remplies d'eau qui retardent la propagation de la coloration par le ralentissement du courant qui s'y produit nécessairement et surtout par la dilution qu'elles occasionnent. Dans le trajet de la Grange-Décoppet au Moulinet, nous avons plutôt un cours d'eau souterrain cheminant dans les fissures du calcaire valangien, à l'instar d'un ruisseau circulant parmi de gros blocs. Si ces deux groupes de sources étaient des déversoirs d'une *même nappe souterraine*, alimentant *directement* les divers orifices, l'existence de la source de la Grange-Décoppet serait inexplicable, car dans ce cas l'eau devrait s'échapper par l'orifice le plus bas, où la pression est la plus forte, et à chaque baisse de niveau la source la Grange-Décoppet devrait tarir, ce qui n'est pas le cas.

C'est entre la Grange-Décoppet et Feurtille que se trouve le cours souterrain en siphon renversé qui force l'eau venant de Feurtille à s'élever jusqu'à 25 ou 30 mètres au-dessus du fond du marais de Mathod. La source de la Grange-Décoppet est un émissaire latent et partiel qui se produit sur le parcours, tandis que la plus grande masse d'eau se dirige vers le Moulinet, pour sortir par des orifices plus bas. Il y a, en effet, entre la source de la Grange-Décoppet et celle du Moulinet une différence de niveau d'environ 25 mètres.

Bien que la source de la Grange-Décoppet ait un régime assez irrégulier, elle n'est cependant pas une source de trop-plein, une source temporaire, comme il y en a tant dans le Jura, à côté ou dans le voisinage de sources constantes. Elle ne tarit que rarement, où plutôt un seul cas est connu où la source a presque entièrement tari, et pourtant les deux groupes de sources ne sont pas alimentés par des déversoirs de la même nappe souterraine; elles sont alimentées par le même *cours d'eau* souterrain, car leur eau provient du même déversoir. Cela est attesté par leur température identique et par l'intensité égale de la fluorescéine lors des essais de coloration.

Le cours souterrain passant en siphon sous les collines de Champvent et sous le marais de Mathod, commence par ascendre à l'orifice de la source de la Grange-Décoppet pour s'écouler, après avoir alimenté ce premier émissaire, vers le Moulinet en cheminant dans les fissures du Valangien inférieur. Cette hypothèse explique parfaitement l'existence de ces deux groupes de sources, à des altitudes différentes, alimentées par la même eau,

et rend compte de la grande variabilité de la source de la Grange-Décoppet, du fait qu'elle ne tarit que rarement.

Le problème des sources du groupe du Moulin-Cosseau est plus compliqué, en raison de leur distinction en sources à températures différentes jaillissant dans un espace si restreint, les deux également influencées par la fluorescéine introduite dans l'entonnoir de Baulmes. Une autre complication résulte encore de l'exception de la source de la Blancherie. Pour arriver du Moulinet aux sources de Cosseau, distantes en ligne droite de 1 500 mètres, l'eau fluorescente a mis six heures ; elle a donc cheminé deux fois et demie plus vite que de Feurtille à la Grange-Décoppet et deux fois moins rapidement que de la Grange-Décoppet au Moulinet. De plus, la différence de température de ces eaux prouve que toutes les sources de Cosseau appartiennent à deux (1) cours d'eau souterrains tout à fait différents de celui qui alimente les sources du Moulinet et de la Grange-Décoppet. Elles sont tout simplement influencées par un filet d'eau venant du Moulinet jusqu'au Moulin-Cosseau et qui se mélange probablement à l'eau de ces sources pendant leur mouvement d'ascension.

L'exception de la source de la Blancherie pouvait s'expliquer en admettant que cette eau provient directement de la nappe souterraine et ne reçoit aucun appoint des filets d'eau venant du Moulinet.

Ces observations sont fort intéressantes et méritaient d'être mises en lumière, car non seulement elles montrent la curieuse complication des courants aquifères souterrains dans les massifs calcaires, mais elles démontrent, puisqu'un même déversement de fluorescéine a pu influencer un groupe de sources assez distantes les unes des autres et à température respectivement de 10°, 12°,5 et 14°, et possédant chacune un régime distinct, qu'il *serait dangereux de toujours conclure, uniquement d'après des différences de température, même de plusieurs degrés, à l'INDÉPENDANCE ABSOLUE de venues d'eau paraissant distinctes et de thermalité différente. Il serait donc aussi dangereux de conclure à l'impossibilité d'une contamination éventuelle, impossibilité que l'on croirait pouvoir résulter de telles constatations différentielles de température, laissant croire au COMPLET ISOLEMENT des canaux et fissures aquifères du calcaire.*

M. le Secrétaire général, étant donné que la note suivante de M. Martel a pu être imprimée et distribuée en épreuve avant la séance, se borne à faire connaître les conclusions de ce travail.

(1) L'hypothèse de deux sources thermales *indépendantes* constitue une complication inutile, alors que la différence de température, qui amoindrit de 2° les sources inférieures, peut s'expliquer plus simplement, soit par un refroidissement d'ambiances externes plus prolongées en un cours pseudo-superficiel plus étendu, soit par un mélange avec des eaux d'autres provenances. (Note de M. E. Van den Broeck.)

NOTE COMPLÉMENTAIRE

SUR

LA VITESSE ET LES RETARDS DE LA FLUORESCÉINE

PAR

A.-E. MARTEL

—

L'objection qui, au point de vue de la physique et de la chimie, a été faite à la dernière séance de la Société au sujet de l'anomalie que présente le soi-disant retard, observé et admis par les expérimentateurs, de la marche de la fluorescéine sur celle de l'eau qui la transporte, est fort intéressante et mérite un examen approfondi ; et je suis d'autant plus disposé à m'y arrêter — bien moins pour y répondre que pour tenter de contribuer à son éclaircissement — que le retard allégué de la fluorescéine m'a toujours singulièrement étonné : en effet, je ne m'expliquais guère qu'une séparation quelconque pût intervenir entre les molécules d'eau et celles de la matière colorante de la dissolution, puisque l'assimilation, l'incorporation de cette matière dans le liquide est tellement intime que, d'une part, le filtrage par la bougie Chamberland-Pasteur et même par l'argile fine très fortement comprimée ne se réalise pas, — et que, d'autre part, la décantation est nulle (contrairement à ce que l'on avait cru observer) et ne se produit pas plus sous terre qu'au dehors. Je rappelle, en effet, qu'en mai et juin derniers, j'ai expérimentalement enregistré cette absence tant du filtrage que de la décantation ; j'ai notamment constaté : 1° à Padirac, que des bassins à écoulement extrêmement lent ont mis quinze jours à se décolorer progressivement, sans qu'il y restât ensuite aucune trace de couleur perceptible, même sous 5 mètres de profondeur (et à la lueur du magnésium, seule assez puissante pour l'observation souterraine) ; 2° en laboratoire, qu'un litre de forte dissolution, en éprouvette de 7 centimètres de diamètre sur 26 centimètres de hauteur, s'est décoloré complètement en dix-huit à vingt jours avant qu'aucun symptôme de

décantation se fût manifesté. La solidarité de l'eau et de la fluorescéine dissoute est donc bien absolue.

Et cependant il est réel, si l'on colore un ruisseau contenant des matières suspendues ou entraînant des particules flottantes, que celles-ci marchent parfois plus rapidement que la fluorescéine elle-même.

A quoi peut tenir cette particularité?

Il serait tentant et simple de supposer que les expériences débutent toujours (du moins quand on procède par visibilité à l'œil nu et sans fluorescope) par un grand excès de substance par rapport à la première masse d'eau teintée, qu'une sorte de sursaturation (d'ailleurs nécessaire pour la bonne issue des résultats) se produit, qu'une partie de la matière n'est pas dissoute et que peut-être sa densité l'attarde, en tendant à la précipiter (ce qui expliquerait les observations qu'on a cru faire d'une certaine décantation). Mais je ne saurais soutenir une telle interprétation, d'abord parce que la puissance extraordinairement colorante de la fluorescéine doit toujours laisser les solutions les plus intenses en dessous de la limite de la saturation, puis parce que j'ignore complètement si cette limite existe (comme pour l'acide borique, par exemple), et même si des recherches ont été faites en ce sens, — et surtout parce que, dans les essais ci-dessus rapportés, qui ont controuvé et le filtrage et la décantation, j'ai procédé avec des solutions relativement fortes.

Il est certainement plus rationnel de rechercher la cause de l'anomalie, comme on l'a très judicieusement proposé à la séance du 30 juin, dans une fausse conception, une incomplète définition, une interprétation inexacte, ou une notion insuffisante de ce qu'on est convenu d'appeler la *vitesse de l'eau*.

En 1899, M. et M^{me} Vallot, dans leurs expériences des torrents et des eaux sous-glaciaires de Chamonix, se sont demandé si, pour le calcul de la vitesse, il fallait considérer le commencement ou le milieu du passage de la couleur, et ils ont adopté le commencement, à cause des incertitudes et accidents, encore inexplicables, de la durée du passage, influencée par une foule de facteurs aussi variés que mal déterminés; ils ont bien noté que l'inégalité de la marche de l'eau dans les diverses parties du courant, et l'addition d'eau nouvelle qui en résulte en permanence, modifient à chaque instant l'évolution de la couleur dans des conditions inconnues.

Dès 1896, j'ai été arrêté moi-même par toutes ces incertitudes; je les trouve encore si peu résolues que mon opinion en la matière est loin d'être faite, et j'eusse préféré attendre la multiplication des expériences

(personnelles ou autres) pour aborder ce sujet si complexe de l'écoulement de l'eau fluorescente : mais la question étant posée et discutée ici, je ne saurais me dérober à la discussion, tout en indiquant que tout ce que je puis en dire est, pour moi-même, essentiellement provisoire, sujet à modification par des recherches ultérieures et exprimé uniquement à titre documentaire pour empêcher la controverse de s'égarer.

En l'état, il est constant qu'il faudrait tout d'abord bien savoir ce qu'on entend par vitesse de l'eau : et je me permets, — en tant du moins que mon absolue incompétence en mécanique puisse être suppléée par les nombreuses observations empiriques auxquelles je me livre depuis huit ans, — de me demander si tous les savants travaux de Torricelli, Mariotte, Bernouilli, Newton, Savart, Plateau, Venturi, Prony, Boussinesq, etc., sont parvenus à bien nous fixer sur les lois détaillées de l'écoulement des cours d'eau. Certes, on a considérablement étudié les conséquences des frottements et reconnu que la vitesse est plus grande à la surface et au centre que sur les côtés et dans la profondeur ; mais l'application de ces principes n'est possible que pour une rivière normale, à section régulière, et pour ainsi dire géométrique ; or, cette rivière *idéale* ne se présente guère dans la nature, où les choses se compliquent de coudes, hauts-fonds, îles, etc., sans parler des cascades, confluent, barrages naturels, crues, etc. A cette rivière théorique, il faut substituer, pour notre sujet, les courants auxquels on a matériellement affaire, sur ou sous terre, depuis le menu ruisseau tranquille et le grand fleuve placide, jusqu'au petit torrent cascade et au puissant courant de montagne.

Énumérer les différences innombrables de cas, les accidents infinis, les modifications perpétuelles qui affectent alors (selon les circonstances), les allures de l'écoulement (abstraction faite des variations de débit) est besogne absolument impossible. Et j'estime que l'étude de la vitesse des eaux se présente en vérité comme un problème des plus ardu, à cause de la modification constante et de la multiplicité des facteurs qui l'influencent.

Essayons cependant de demander à certains exemples d'observations directes, quels espèces d'enseignements on peut tenter d'en tirer : c'est, je pense, la seule manière de parvenir à éclairer un sujet aussi obscur.

Dans le Rhin, à Ragaz, avec un débit de 200 mètres cubes par seconde, une vitesse *moyenne* de 8 kilomètres à l'heure, une pente de 4 ‰, une profondeur de 0 à plusieurs mètres et une largeur de 50 à 100 mètres, la fluorescéine jetée sur le bord n'arrive pas à gagner le

milieu du courant, où devrait cependant l'attirer le maximum de vitesse; elle file parallèlement à la rive, ou se retarde dans ses anfractuosités; au contraire, projetée au milieu du courant, du sommet d'un pont, elle n'est pas seulement entraînée vers l'aval, mais en partie rejetée latéralement vers les bords par les remous de la surface, avec un retard sur la partie centrale, prenant la forme d'une pointe de flèche avec ses deux ailettes. Malgré la rapidité du courant, qui amène le brassage complet, la propagation reste inégale; elle témoigne de variations complexes de vitesse, même dans la partie centrale, et elle dénonce le délaissement en arrière d'une forte proportion de la couleur. Je ne veux pas tirer de conclusions de ces faits, si ce n'est pour dire que la coloration de portions séparées de grands cours d'eau, en des points espacés d'une même ligne de leur largeur, devra fournir des indications utiles à noter et des données sur les diversités d'allure des filets d'eau distants, ou contigus entre eux.

Dans la Tamina, également à Ragaz, avec un débit de 9 mètres cubes par seconde, une vitesse de 5 kilomètres par heure, une pente de 50 ‰, une profondeur de 0 à plusieurs mètres et une largeur de 2 à 10 mètres, la diffusion est bien plus générale; cependant les anfractuosités des rives retiennent et retardent aussi de grandes quantités d'eau colorée et, quand il se rencontre un des fréquents bassins qui suivent presque toujours les cascades, *l'eau colorée ne commence à s'écouler hors du bassin que quand celui-ci en est complètement rempli*; pendant tout le temps, parfois long, requis pour ce remplissage, le torrent, en aval du bassin, continue sa marche en avant, qui précède celle de l'eau chargée de fluorescéine. Le fait est formel et se retrouve sous terre.

Dans un ruisseau calme et sinueux (la Salmouille à Marcoussis, Seine-et-Oise), un parcours, pour la fluorescéine, de 365 mètres en 2 1/2 heures (soit 2^m,45 de vitesse moyenne par minute) s'est décomposé ainsi : première section, courant prononcé, 60 mètres en 20 minutes; seconde section, 80 mètres en 55 minutes, courant ralenti par une vanne; troisième section, 15 mètres en 45 minutes, entre deux vannes; quatrième section, courant très prononcé, 210 mètres en 50 minutes. De menus flotteurs de papier, utilisant sans doute le lieu géométrique des points maximum de vitesse, ont été entraînés près de deux fois plus vite. Des rives bourbeuses et très herbacées semblaient attirer la coloration. Y aurait-il une question d'adhérence par viscosité à rechercher en ce cas spécial?

Sous terre, je ne citerai que mes derniers essais, déjà mentionnés, du mois de mai, à Padirac : dans le premier bassin (diamètre environ

25 mètres) des grands gours (vitesse de la fluorescéine 7 mètres à l'heure), j'ai vu la matière colorante se propager *en éventail*, en branches d'arbre, avec tendance au rebroussement latéral, comme sur le Rhin ; ce bassin a mis plusieurs heures à se colorer complètement, tout en ne cessant pas de se déverser vers l'aval (comme à la Tamina), ce qui ne pouvait manquer de donner une réelle avance à la marche de son écoulement sur celui de la fluorescéine. Et il en a été de même de tous les autres.

On voit quel vague et quelles difficultés subsistent dans l'étude de la question : je n'insinue tout ce qui précède qu'avec les plus formelles réserves et d'une manière tout à fait timide.

Et je conclus seulement :

1° Que les éléments constitutifs de la vitesse d'écoulement des cours d'eau, ainsi que les causes de variation de cette vitesse et l'influence des obstacles, sont encore fort mal connus ;

2° Que les approfondissements et bassins semblent exercer, pour une raison à rechercher, un ralentissement plus apparent sur la fluorescéine que sur l'eau elle-même ;

3° Que ce ralentissement apparent, anormal en théorie physique et chimique, s'il semble exister en application expérimentale, tient peut-être uniquement à l'insuffisance de nos organes visuels et à la dilution de l'avant-garde de la fluorescéine ;

4° Que l'emploi judicieux du fluorescope établira sans doute que ce ralentissement est, en effet, illusoire et provient de ce que les premières molécules entraînées de la fluorescéine sont diluées au point d'être invisibles à l'œil nu ;

5° Que des expériences nombreuses devront être faites avec et sans fluorescope pour étudier la marche, comparée à celle de l'eau, de la tête des colorations visibles de la fluorescéine dans les cours d'eau de toute espèce, grands et petits, calmes et torrentiels, souterrains et extérieurs, avant de formuler aucune conclusion ;

6° Et que, en matière de nappe phréatique, lentement propagée dans les terrains meubles très perméables, les conditions du problème se présentent toutes différentes.

M. le Secrétaire général propose ensuite la réunion d'un groupe de quelques membres qui, dans une séance privée prochaine, auraient à examiner la question de rédiger une synthèse faisant connaître tous les points paraissant *définitivement acquis*, ainsi que ceux restant à discuter et à élucider parmi les résultats et conclusions des travaux

nombreux présentés au cours de ces dernières séances sur cette intéressante question de la fluorescéine. Cette synthèse ainsi formulée par un comité de spécialistes, éclairés par les avis de nombreux confrères, aurait l'avantage de mieux mettre en relief les points principaux qui ont été examinés et résolus et dont l'utilité a été démontrée.

MM. Kemna, Rahir, Putzeys, Rabozée, Martel et Van den Broeck sont désignés pour faire partie de cette Commission, dont le travail figurera dans le Procès-Verbal de la séance de rentrée.

M. le Baron van Erthorn dépose sur le bureau l'analyse ci-dessous d'un mémoire de M. J. Lorié.

Notre confrère et ami, le Dr J. Lorié, a publié dans les *Bulletins de la Société royale néerlandaise de Géographie* un mémoire des plus intéressants intitulé : **L'unité proposée de la période glaciaire**. Il a bien voulu m'autoriser à le traduire, il a revu cette traduction et il a complété son travail en y ajoutant un cinquième chapitre.

L'auteur fait une étude critique des deux mémoires du Dr Olof Holst et de ceux des Drs F. Geinitz et C. Gottsche sur la question; celle-ci peut être résumée ainsi d'après Geinitz : « Il est inutile de penser à » des périodes interglaciaires bien déterminées, indépendantes, et l'on » peut tout expliquer par de grandes oscillations du bord du Glacier, » pendant une seule époque glaciaire. »

Les quatre auteurs dont les œuvres ont été soumises à l'étude de notre savant confrère, sont des *Unitaristes* convaincus, tandis que le Dr Lorié, d'autre part, n'en est pas moins un *Interglaciariiste* convaincu.

Le travail du Dr Lorié est donc du plus haut intérêt et nous avons l'honneur de le présenter de sa part à la Société.

Il est évident qu'une question de cette importance ne peut être tranchée ni en Belgique, ni en Hollande, pas même en Europe centrale, ni dans les Iles Britanniques; le nœud gordien git dans la presque île scandinave : il y a lieu toutefois de tenir compte de l'allure de la glaciation dans le massif alpin et autres grands massifs montagneux. De nos jours, la Scandinavie présente une vaste région complètement *rabotée*; les roches archaïques sont presque partout au jour et toutes les autres formations ne sont plus représentées que par quelques lambeaux de Silurien et de Devonien. Les points culminants des Monts Dofrines atteignent à peine 2 500 mètres. Des fossiles ont été dragués entre la Norvège et l'île de Jean Mayen à une profondeur de 2 500 mètres, appartenant à des espèces qui ne vivent pas à plus de

200 mètres de profondeur; on en a conclu que la Scandinavie, depuis les temps quaternaires, s'est abaissée d'au moins 1 000 mètres (1). En tenant compte du rabotage énergique produit par le glacier, on doit admettre que le massif montagneux a atteint 4 500 à 5 000 mètres, soit au moins une altitude comparable à celle des Alpes, et bien plus étendu. Les auteurs font commencer la période quaternaire avec le Glaciaire et considèrent tous les dépôts pliocènes comme préglaciaires. Toutefois la limite du Pliocène en hauteur est encore mal définie et c'est un point important sur lequel on devrait tâcher de se mettre d'accord. Le travail du Dr Lorie est un résumé fidèle de l'état de la question à ce jour, et sa lecture nous met au courant des idées et des opinions diverses admises à présent.

Après l'audition de ce résumé, l'Assemblée décide l'impression aux *Mémoires* du travail de M. le Dr J. Lorie.

M. le Baron van Ertborn développe ensuite le travail qu'il avait annoncé sur la distribution d'eau de Vilvorde :

LA

DISTRIBUTION D'EAU DE VILVORDE

PAR LE

Baron O. VAN ERTBORN

La distribution d'eau de la ville de Vilvorde est basée sur l'emploi de l'eau artésienne de la craie; le puits qui la fournit était désigné jadis sous le nom de *Puits de M. Nowé*, dans la brasserie duquel il fut foré. Racheté par la ville, il alimente la distribution publique.

Le rapport fait en 1889 par nos confrères MM. Van Mierlo, Rutot et Van den Broeck donne de nombreux détails à son sujet : ils sont des plus intéressants. A cette époque, le débit au jaillissement était considérable et s'élevait à 560 litres par minute au niveau du sol. Le niveau hydrostatique se trouvait à 6^m,90 plus haut.

L'eau est de bonne qualité et ne contient que 0^{gr},400 de sels en dissolution par litre.

Nous fûmes, lors de la reprise du puits par la ville, désigné en qua-

(1) Il y eut des oscillations secondaires démontrées par des lignes de rivages dont la plus élevée se trouve à la coté + 280.

lité d'expert pour en évaluer la valeur. Son exécution laisse à désirer : le diamètre n'est que de 0^m,15 et dans les silex de la craie « il y a un étranglement qui réduit ce diamètre de moitié ».

Il suffirait d'un éboulement dans la partie du sondage non revêtue de tubage pour perdre le puits, la manœuvre d'outils devenant très difficile dans un diamètre de 80 millimètres.

Une pompe puise l'eau à 5^m,50 sous le sol et la refoule dans le château d'eau, qui a l'aspect d'un gigantesque pluviomètre.

Cette pompe est actionnée par une turbine, mue par le ruisseau la Woluwe, dont le débit, irrégulier et insuffisant, ne paraît pas donner de bons résultats.

Par suite du pompage, il s'est produit une perte de charge dans le niveau aquifère de la craie et il s'ensuit que le débit du puits a diminué ; dans ce cas, il est élémentaire de descendre le corps de pompe, et l'on retrouve ainsi l'ancien débit et davantage en plaçant l'appareil élévateur au bon niveau. Un compresseur donnerait d'excellents résultats, et, si le diamètre du puits est trop petit pour placer ledit compresseur, une simple busette à air ramènerait encore beaucoup d'eau à la surface.

Pour remédier au mal, on a songé au proverbe qui dit : « aux grands maux les grands remèdes ». Au lieu de forer un nouveau puits bien conditionné, tangent à l'ancien pour tâcher de recouper la fissure remarquablement aquifère, on a fait forer deux puits distants l'un de l'autre de 45 mètres seulement. Pourquoi ne pas les mettre côte à côte ? On aurait eu des frères siamois d'un nouveau genre.

Nous avons déjà fait remarquer, et beaucoup d'autres l'ont constaté avant nous, que des puits voisins s'influencent considérablement. A Paris, l'exemple Passy-Grenelle est des plus concluants, et dernièrement encore nous constatons le même fait à Alost (1), quoique les deux grands puits artésiens de cette ville soient distants de 700 mètres.

Les deux puits jumeaux furent forés, non pas à Vilvorde, mais à 200 mètres à l'Ouest de la station de Haeren, soit à 2 600 mètres de la mère patrie.

On assurait qu'en ce point les niveaux d'eau artésiens avaient un débit *vauchusien*.

Nous nous sommes demandé comment on pouvait le savoir. Une longue pratique nous a bien appris que dans le voisinage de l'abattoir d'Anderlecht, ainsi qu'à la partie inférieure du boulevard Léopold II,

(1) Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol., t. XVII, 1903, MÉM., pp. 145 à 153.

la craie est plus fissurée que partout ailleurs dans l'agglomération bruxelloise. Nous n'en avons jamais conclu qu'il y avait des fissures partout et que tout sondage devait forcément en rencontrer. En avançant telle chose, nous aurions fait acte de charlatanisme. A Haeren, le mystère était profond et si on savait d'avance qu'il y avait beaucoup d'eau dans la craie en ce point, on a dû recourir à la légendaire *baguette de coudrier* de nos ancêtres.

Et ce n'est pas tout : la pompe à air qui actionne le compresseur est placée, non pas à Haeren, mais bien à Vilvorde, *soit à 2 600 mètres de distance de Vilvorde même*. Après celle-la, tirons l'échelle et disons à ces braves Vilvordiens :

Dans les prés fleuris
Qu'arrose la Senne,
Cherchez qui vous mène... etc.

Pour en revenir au Puits Nowé, notre honorable confrère M. Rutot en a donné une bonne coupe (1); mais, comme il arrive toujours dans les cas semblables, on ne lui avait pas tout dit. En réalité, le forage aurait atteint le Primaire et aurait 184 mètres de profondeur. La puissance de la craie serait de 54 mètres. Les puits jumeaux de Haeren ne sont pas aussi profonds : ils n'ont que 103 mètres et la sonde n'a pénétré qu'à 3 centimètres dans la craie.

L'histoire des sondages devient lamentable. L'administration provinciale du Limbourg a fait forer un puits de 80 mètres, qui, à ce niveau, doit avoir sa source *dans l'argile tongrienne*; à coup sûr, son débit ne sera pas *vaclusien*; — enfin le Département de la Guerre vient de mettre en adjudication un puits de *51 millimètres de diamètre* (2).

Ces faits sont d'autant plus regrettables qu'il s'agit d'administrations publiques qui devraient être soucieuses des deniers des contribuables. Le Gouvernement a créé le Service géologique, dont la mission est de fournir les renseignements nécessaires et qui ne s'y refuse jamais. Le Gouvernement n'y recourt pas lui-même. Et notre Société, qui a déjà rendu de grands services, paraît aussi oubliée que le Service géologique. Cet état de choses n'est-il pas des plus regrettables?

Que de travaux passent inaperçus, qui, s'ils étaient renseignés, ne seraient point perdus pour la science et fourniraient leur contingent de documents profitables à la communauté! Nous renouvellerons donc ici la protestation que nous avons faite déjà au sujet des sondages de

(1) *Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. III, p. 244, MÉM.

(2) *Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XV, 1901, PROC.-VERB., p. 382.

Malines, d'Eelen et de Lanaeken (1); soutenue par des confrères, elle a déjà porté ses fruits : formulons l'espoir que bientôt plus aucun fait n'échappera aux investigations scientifiques.

Puisqu'il est question ici de puits artésiens, nous rappellerons que de temps en temps les journaux quotidiens rappellent l'attention sur ce mode d'alimentation d'eau pour les villes du littoral. Nous croyons la question définitivement résolue par la dernière expérience faite au *Royal Palace Hôtel* d'Ostende (2). On nous répondra peut-être que ce puits a sa source dans l'étage sparnacien et que l'on pourrait rencontrer, soit dans les fissures de la craie, soit dans celles des roches primaires, des eaux de meilleure qualité.

Nous ne le croyons pas : les dépôts saumâtres d'âge sparnacien sont discontinus; il n'y a donc aucun manteau protecteur qui recouvre la craie. Les eaux chargées de sels en dissolution pénètrent dans les fissures du Crétacique et dans celles des roches primaires.

Le grand puits de la ville d'Ostende, foré il y a une quarantaine d'années, nous en fournit une preuve des plus concluantes. Profond de 500 mètres, il a sa source à la partie supérieure des formations primaires. Ses eaux renferment 5^{gr},4 de sels en dissolution. Les capter à 100 ou 200 mètres plus bas conduirait au même résultat. On agirait absolument comme celui qui, trouvant les eaux de l'Océan trop salées à la surface, les puiserait à un millier de mètres de profondeur, croyant les trouver potables à ce niveau. On ne saurait assez attirer l'attention des habitants de la plaine maritime sur ces faits.

Une question qui n'a pas encore été posée et qui nous semble intéresser les établissements industriels, c'est celle du *débit maximum* d'un puits artésien dans l'agglomération bruxelloise. Il nous semble que le mètre cube par minute est un maximum, rarement atteint même. Nous avons sous les yeux un magnifique diagramme du puits artésien de l'Usine à gaz de la ville de Bruxelles. Son orifice est à la cote 15, sa profondeur de 125 mètres. Il a sa source dans les fissures de la craie et des roches primaires.

Le bas niveau de cet orifice est cause qu'on se trouve dans les conditions les plus favorables pour puiser beaucoup d'eau.

(1) *Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XV, 1901, PROC.-VER., p. 381.

(2) *Ibid.*, p. 178-189.

Le même diagramme nous apprend que l'augmentation métrique de son débit est de 11',8. Le tuyautage d'un compresseur à air placé au fond du puits, soit à 125 mètres, peut puiser l'eau à mi-hauteur d'une manière pratique, soit donc à 62.50, ce qui nous donne un débit de 737 litres par minute comme maximum. Ce qui est déjà fort joli. Il faudrait des chances exceptionnellement favorables pour dépasser le mètre cube, et lorsque nous voyons promettre des quantités de 3 à 5 000 mètres cubes par vingt-quatre heures, nous nous permettons de ne pas y croire.

Cette communication donne lieu à un échange de vues entre MM. *Rutot, Putzeys, baron van Ertborn* et *Van den Broeck* au sujet de l'influence que peuvent avoir les puits rapprochés l'un de l'autre et de l'imprudence qu'il y a à creuser, au hasard, des puits à proximité d'autres en activité, sans s'inquiéter de la *direction du courant souterrain*. Les inconvénients des fâcheuses dispositions de l'espèce ont été constatés à Vilvorde et à Haeren.

Quant au puits Nowé, de Vilvorde, M. *Rutot*, malgré l'affirmation de M. le *baron van Ertborn* qui, d'après M. *François*, rapporte que l'on aurait atteint le Primaire, doute qu'il en soit ainsi; le puits fait en concurrence a certainement touché le Primaire, mais non le puits Nowé, qui est resté dans la craie, *mais à petite distance de sa base, comme l'ont signalé naguère MM. Rutot et Van den Broeck.*

La séance est levée à 10 h. 40.

SÉANCE MENSUELLE SUPPLÉMENTAIRE
DU 28 JUILLET 1903.

Présidence de M. A. Rutot, vice-président.

La séance est ouverte à 8 h. 35.

Correspondance.

M. *Fournier* fait parvenir une nouvelle note, dont il est rendu compte plus loin, en réponse aux objections d'ordre mécanique faites à son exposé sur la question des expériences à la fluorescéine.

M. *D.-P. Oehlert* annonce que le nombre actuel des abonnés à la *Paleontologia Universalis* est de 169, et que les abonnements partiels préconisés par la *Société belge de Géologie* et dont il accepte le principe, sortiront leur effet à partir du moment où le Comité sera en possession d'un nombre minimum, fixé à 250, d'abonnements globaux.

Le système des abonnements partiels sera exposé et développé par lui au Congrès de Vienne, au nom de son auteur, M. *Van den Broeck*, pour le cas où ce dernier, comme il le craint, ne pourrait se rendre au Congrès.

La *Société belge de Géologie* s'est fait inscrire comme 170^e abonné à l'œuvre.

M. *J. Cornet* s'excuse de ne pouvoir venir faire sa communication sur « Le problème du Tanganyka ».

Dons et envois reçus :

4175. *Vifquain, J.-B. Des voies navigables en Belgique. Bruxelles, 1842.*
Volume grand in-8° de 494 pages, relié. (Don de M. l'ingénieur A. Gobert.)

4176. **Bernard, F.-M.** *Erdbebenstudien des Grafen de Montessus de Ballore.* Laibach, 1902. Extrait in-8° de 9 pages.
4177. **Capitan, L.** *Chronique préhistorique.* Paris, 1903. Extrait in-8° de 4 pages.
4178. **Capitan, L., Breuil (l'abbé) et Peyrony.** *Les figures gravées à l'époque paléolithique sur les parois de la grotte de Bernifal (Dordogne).* Paris, 1903. Extrait in-8° de 8 pages et 5 figures.
4179. **Carnot, Ad.** *Cartes agronomiques et musées cantonaux.* Caen, 1903. Extrait in-8° de 20 pages.
4180. **Mazelle, Ed.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XV. Die Mikroseismische Pendelunruhe und ihr Zusammenhang mit Wind und Luftdruck.* Vienne, 1903. Extrait in-8° de 87 pages et 7 planches.
4181. **de Montessus de Ballore, F.** *Relations géologiques des régions stables et instables du Nord-Ouest de l'Europe.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 48 pages et 1 planche.
4182. **de Montessus de Ballore, F.** *Considerazioni a proposito dei terremoti della vallata del Po.* Rome, 1902. Extrait in-8° de 3 pages.
4183. **de Montessus de Ballore, F.** *Sur les régions océaniques instables et les côtes à vagues sismiques.* Genève, 1903. Extrait in-8° de 19 pages et 1 planche.
4184. **Martel, E.-A.** *La photographie souterraine.* Paris, 1903. Volume in-12 de 70 pages et 16 planches.
4185. **Suess, Ed.** *Ueber heisse Quellen.* Berlin, 1903. Extrait in-8° de 13 pages.
4186. **Ramond, G., et Dollot, A.** *Études géologiques dans Paris et sa banlieue. III.* Paris, 1902. Extrait in-8° de 16 pages et 3 planches.
4187. **de Lapparent, A.** *Rapport de la Commission de sismologie présenté à l'Académie dans la séance du 13 juillet 1903.*
3422. **BRITISH ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (Report).** 1901 et 1902, sessions de Glasgow et de Belfast. (Deux volumes cartonnés offerts par M. l'ingénieur A. Gobert.)

Parmi les dons et envois reçus, M. le Secrétaire général signale tout particulièrement à l'Assemblée le précieux hommage que M. l'ingénieur *Aug. Gobert* vient de faire, à la bibliothèque de la Société, des importants travaux, renseignés aux numéros 4 175 et 3 422.

(Remerciements.)

Présentation et élection de nouveaux membres :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membre effectif :

M. KRENDEFF, ASSAIN, ingénieur des arts et manufactures, rue de Vienne, 53, à Ixelles-Bruxelles.

En qualité de membre associé regnicole :

M. VAUTHIER, CAMILLE, attaché au Service géologique de Belgique, 2, rue Latérale, à Bruxelles.

Communications.

En l'absence de M. le commandant *Cuvelier*, qui s'est excusé de ne pouvoir assister à la séance, M. le capitaine *Mathieu* donne lecture de la note suivante :

NOTE PRÉLIMINAIRE

CONCERNANT

LE Puits ARTÉSIEN DE LA NOUVELLE ÉCOLE MILITAIRE

PAR

E. CUVELIER et L. DUBUISSON

1. — Le puits artésien de la nouvelle École militaire a été exécuté par M. Delecourt-Wincqz. Des *études préalables*, faites surtout en s'aidant des coupes publiées par MM. van Erthorn et Rutot, ainsi que de documents géologiques divers, nouveaux et anciens (Verstraeten; Rutot et Van den Broeck, planchette de Bruxelles et explication de la feuille de Bruxelles; carte géologique actuelle, etc.), des études préalables, disons-nous, ont été faites, sous la direction du major du génie Mersch, par le capitaine commandant du génie Dubuisson. M. le baron van Erthorn a bien voulu donner divers renseignements au commandant Dubuisson.

2. — Le croquis (1) montre la coupe complète dans le puits à la date

(1) Ce croquis, affiché au tableau lors de la séance, figurera dans la communication définitive.

du 14 juillet; depuis lors, on a traversé une couche de craie blanche mélangée de silex sur une épaisseur de 2^m,70. Après quoi on est tombé — et le travail en est là aujourd'hui — sur une roche qui, d'après l'étude microscopique faite par le capitaine Mathieu, doit être rapportée au quartzite dit *de Blanmont*, c'est-à-dire au Devillien inférieur du massif cambrien du Brabant (*Dv 1*). L'examen macroscopique de la roche semble du reste montrer que la détermination est bien celle qui convient.

5. — Les divers échantillons, recueillis avec soin, ont été déterminés par le Service géologique officiel; ils montrent la série suivante, du haut vers le bas :

Quaternaire (3 ^m ,30)	{	Brabantien	2 ^m ,50
		Hesbayen	0,50
		Moséen	0,30
Tertiaire éocène. (118 ^m ,70)	{	SUPÉRIEUR	Ledien 5 ^m ,70
		MOYEN	Laekenien 3,50
			Bruxellien 31,30
		INFÉRIEUR	Ypresien 55,50
			Landenien 22,70

Le terrain éocène accuse donc une épaisseur totale de 118^m,70 : les couches rencontrées correspondent parfaitement à ce que pouvait faire prévoir la Carte géologique au 40000^e (planchette de Bruxelles-Saven-them; levés et tracés par M. A. Rutot).

Du reste, la coupe répond sensiblement à celle du puits de l'Hôpital militaire de Bruxelles (1); mais là on ne renseigne ni Ledien ni Crétacé, et les roches primaires sont des schistes décomposés; enfin, cette dernière coupe ne renseigne rien concernant le Quaternaire.

4. — Dans le puits de la nouvelle École militaire, la nappe aquifère bruxellienne est marquée à la cote + 53.18, le sommet du puits étant à la cote + 76.76, et le terrain naturel à + 79.88; la nappe est donc à 26^m,70 en dessous du sol naturel.

A la cote — 58.82, soit à 118^m,70 de profondeur, on a trouvé une source importante à la base du Landenien déterminé comme *L1b-c* par le Service géologique, en contact avec une couche de cailloux de silex roulés et verdis, *L1a*.

5. — Actuellement, le travail se poursuit en faisant usage de

(1) Voir la coupe faite par M. Rutot à la séance du 7 avril 1891, d'après MM. Raeymaekers et E. Vincent. Ce puits a été foré par M. van Ertborn.

tonite, les trépan ne pouvant plus suffire pour désagréger la roche très dure, constituée par un quartzite primaire. Nous tiendrons la Société au courant des résultats définitifs. Disons déjà, à présent, que, dès demain, on va vérifier le rendement en eau.

Remarque. — Le puits de la nouvelle École militaire est à grand diamètre; le premier tube, arrêté dans *Yd*, à 62 mètres sous le sol, a un diamètre de 0^m,60; le second, arrêté à peu près à la base de *Yc*, a un diamètre de 0^m,55; enfin, le dernier, arrêté actuellement sur le Crétacique, à 121^m,70 de profondeur, a 0^m,50 de diamètre.

On a commencé par descendre un puits *ordinaire*, en maçonnerie, de 1^m,20 de diamètre, jusqu'au Bruxellien, puis on y a logé un tube *protecteur* en tôle, de 0^m,80 de diamètre, qui sera enlevé.

M. *Kemna* demande ensuite quel avantage il y a à poursuivre le creusement du puits dans le quartzite, ce à quoi M. *Van den Broeck* répond que dans le quartzite il y a parfois des chances de rencontrer des fissures aquifères, chose que l'on ne trouve que très exceptionnellement dans le schiste.

De son côté, M. *Mathieu* fait connaître que le cahier des charges stipule que le puits *doit* avoir une profondeur de 150 mètres, et que si on poursuit le creusement jusque dans le Primaire, c'est, en même temps, pour assurer au puits une certaine capacité de réservoir aquifère pouvant, le cas échéant, devenir utile.

M. *Kemna* objecte que s'il y a plus d'eau en descendant dans le Primaire, il est à craindre que cette eau soit plus minéralisée que celle provenant de la base du Landenien; en résumé, si l'on peut espérer obtenir un débit plus élevé en s'engageant dans les roches dures du Primaire, il y a également plus de risques à courir et la difficulté du travail s'augmente considérablement.

M. *Kemna* ajoute qu'il a reçu des échantillons d'eau minérale provenant du puits de Santhoven, en Campine, eau que l'analyse a reconnu fortement salée, additionnée de beaucoup de chlore, de chaux et d'acide sulfurique; il demande si l'on n'a pas encore analysé l'eau du puits de la nouvelle École militaire, afin de s'assurer si elle ne risque pas, dans l'approfondissement, de devenir trop minéralisée.

M. le capitaine *Mathieu* répond que ces analyses ont été faites et seront publiées avec le mémoire détaillé de MM. *Cuvelier* et *Dubuisson*.

M. *Rutot* fait connaître que l'on fore également à Laeken un puits

artésien pour alimenter la nouvelle fontaine monumentale ; les mêmes difficultés se présentent en ces parages ; le forage a atteint le Primaire, ce qui occasionne de grandes difficultés. Les échantillons sont envoyés au Musée d'Histoire naturelle et M. Rutot donnera en temps utile le résultat de leur examen.

La parole est donnée à M. *Rutot* pour sa communication sur « L'état de la question relative à l'antiquité de l'homme ».

L'ÉTAT ACTUEL

DE LA

QUESTION DE L'ANTIQUITÉ DE L'HOMME

PAR

A. RUTOT

Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles.

Grâce aux travaux des paléontologues, nous connaissons d'une manière généralement satisfaisante l'origine des animaux qui nous entourent, mais lorsqu'il est question de l'origine de l'homme, nous ne nous trouvons guère en présence que d'opinions ou de théories.

La cause en est la proportion excessivement faible et tout à fait insuffisante d'ossements humains renfermés dans les couches géologiques et recueillis jusqu'ici.

On ne peut rien tirer de satisfaisant de matériaux aussi incomplets.

La question de l'antiquité de l'homme serait sans doute restée encore pendant longtemps sans solution si un élément autre que la Paléontologie n'entraînait en ligne de compte.

Les animaux n'ont pu laisser que leurs os ; l'homme, outre ses os, essentiellement périssables, a délaissé certains produits de son industrie, qui, eux, sont impérissables.

Point n'est donc indispensable de rencontrer des ossements humains pour conclure à la présence de l'homme ; la découverte de ses outils, de ses habitations, de ses monuments, suffit à démontrer son existence et même à donner une idée de ses mœurs et de sa mentalité, mieux que ne le ferait la trouvaille de crânes bien conservés.

L'un des caractères de l'homme est de se servir d'outils qui augmentent puissamment ses faibles moyens d'action.

Le plus souvent, ces outils doivent effectuer un travail où la force brutale intervient. Dès lors, ces outils doivent être fabriqués en matières dures et résistantes.

De nos jours, le métal est surtout employé; il y a 5 000 ans, dans l'Europe occidentale, le métal était inconnu et il était remplacé par la pierre, infiniment plus indestructible que le métal.

Les industries premières sont donc à base de pierre et, dès lors, nous pouvons suivre, dans le temps, les traces de l'homme par celles de son industrie de la pierre. Aussi loin dans le passé trouverons-nous l'industrie de la pierre, aussi loin pourrons-nous conclure à l'ancienneté de l'homme.

Cela étant, il est nécessaire de savoir en quoi consiste l'industrie de la pierre.

Si l'on en croit les auteurs classiques, M. G. de Mortillet notamment, l'industrie de la pierre peut se diviser en deux grands groupes naturels, le premier concordant avec les *temps quaternaires*, le second synchronique de la première moitié des *temps modernes*.

Le premier groupe a été appelé *paléolithique*, le second, *néolithique*; il va de soi que la durée de l'emploi du premier groupe industriel a été beaucoup plus grande que celle du second.

Il y a plus de vingt-cinq ans, à la suite de découvertes de silex dans des couches du Tertiaire supérieur, les anthropologues furent mis en émoi et un certain nombre d'entre eux, parmi les principaux, acceptèrent comme véritables instruments de pierre les silex recueillis. Malheureusement, ces pièces ne furent pas comprises même par ceux qui les admettaient, on méconnut leurs véritables caractères, elles restèrent isolées, à interprétation flottante et douteuse, si bien que, bientôt, elles tombèrent dans l'oubli et, plus tard, elles furent définitivement reniées dans le pays même qui avait eu la chance et l'honneur de leur découverte.

Mais une idée juste ne périt pas.

Elle fut reprise sous une autre forme en Belgique par plusieurs auteurs, lesquels, bien que sérieusement combattus, finirent par la faire triompher.

D'après les classiques, l'industrie la plus ancienne du Paléolithique est l'*industrie chelléenne*, qui, d'après eux, serait uniquement constituée par un instrument de pierre taillé sur les deux faces, de manière à lui donner la forme d'une grosse amande.

Cet instrument amygdaloïde servait à tout faire; c'était, à volonté, une arme ou un outil à utilisations multiples.

De plus, cette industrie chelléenne, considérée comme tout à fait primitive, était mise en concordance avec le Quaternaire inférieur ou interglaciaire, caractérisé par la présence de la faune de l'*Elephas antiquus*, dont les formes caractéristiques sont, outre cet éléphant, le *Rhinoceros Mercki*, l'*Hippopotamus major*, le *Machairodus* et le *Trongotherium*.

Or, de cette déduction trop hâtive, il ne peut rien subsister de nos jours.

Grâce aux recherches et à la ténacité des préhistoriens anglais et belges, travaillant séparément, sans se connaître, la notion de l'existence d'un énorme groupe industriel préchelléen s'impose.

Ce groupe industriel, actuellement bien caractérisé et de composition très primitive, a reçu un nom déjà largement adopté : c'est l'*Éolithique*.

Actuellement l'industrie de la pierre ne se divise donc plus en deux grands groupes : le *Paléolithique* et le *Néolithique*, elle comprend trois groupes dont le premier, l'*Éolithique*, est plus important et a eu une durée probablement plus longue que le Paléolithique et le Néolithique réunis.

Alors que ces deux derniers groupes sont caractérisés par la présence d'un certain nombre de types dits « taillés », c'est-à-dire à forme extérieure intentionnelle et convenue, obtenus par le dégrossissage de plus en plus perfectionné d'un bloc de matière première, telle que le silex, au moyen de l'enlèvement d'éclats jusqu'à obtention de la forme ou du genre d'outil désirés, le premier, ou Éolithique, ne comprend que des outils dérivant uniquement de rognons ou d'éclats naturels, directement utilisés à la percussion ou au raclage.

Les blocs ou rognons naturels, de formes plus ou moins régulières, ont été utilisés directement à la percussion ; ceux de formes irrégulières ont simplement été accommodés à la main par l'enlèvement de tubercules gênants ou par martelage d'arêtes tranchantes.

Quant aux éclats naturels, dus à l'éclatement produit par des actions naturelles, ils présentent des arêtes tranchantes qui ont été directement utilisées au raclage ou au grattage, avec accommodation à la main préalable à l'usage.

Les arêtes utilisées ont ensuite été ravivées par une retouche spéciale, dite « retouche d'utilisation », effectuée au moyen d'un percuteur allongé, dit « retouchoir ».

L'industrie éolithique ne comprend donc aucun type dit « taillé », à contours voulus, obtenus en vue d'une forme intentionnelle.

Cette industrie ne comprend que des formes naturelles directement utilisées, avec retouche sommaire d'accommodation pour la préhension facile et retouches successives d'utilisation s'il y avait lieu, c'est-à-dire si l'outil était destiné à servir plusieurs fois de suite, grâce au ravivage des arêtes émoussées par l'usage.

Ce groupe nouveau, solidement établi, voyons comment il se répartit dans le temps.

Alors que les pièces paléolithiques les mieux travaillées et les plus évidentes avaient encore peine à se faire admettre dans la science, l'abbé Bourgeois découvrait, à la base des couches d'eau douce de l'Oligocène supérieur de Thenay (France, Loir-et-Cher), des silex qui lui paraissaient avoir été travaillés de main humaine.

Aux Congrès internationaux d'Anthropologie et d'Archéologie préhistoriques de 1867 et de 1872, il fut beaucoup question de ces silex, qui rencontrèrent assez bien d'adhérents. Plus tard, la question fut agitée à diverses époques, chaque fois en défaveur marquée.

Le Dr Capitan l'a reprise récemment, après de nouvelles recherches dans le gisement, et il conclut au rejet de l'industrie de Thenay.

Je n'ai pu encore me former un avis personnel relativement à la réalité de cette industrie, attendu qu'il y a des doutes au sujet de la provenance des plus belles pièces de l'abbé Bourgeois, conservées au Musée de Saint-Germain. Dans le gisement, M. le Dr Capitan n'a, paraît-il, retrouvé aucune pièce semblable à celles du Musée des Antiquités nationales, de sorte que, pour le moment, il est préférable de laisser la question en suspens.

I. SILEX DU PUY-COURNY. — Si les silex de Thenay sont considérés comme douteux, il n'en est plus de même de ceux du Puy-Corny, près d'Aurillac (Cantal), découverts par M. J.-B. Rames dans le Miocène supérieur fluvial, caractérisé par ses fossiles.

Non seulement j'admets, en toute connaissance de cause, comme silex utilisés et retouchés, les pièces du Puy-Corny, mais elles sont admises en France par MM. G. de Mortillet, Dr Capitan et Courty, et en Allemagne, d'abord par le Dr Klaatsch, de Heidelberg, puis par beaucoup d'anthropologues de Berlin, dont le Dr E. Krause, conservateur au *Museum für Völkerkunde*.

Les silex du Miocène supérieur du Puy-Corny répondent absolument à la définition de l'industrie éolithique, et ils sont réellement superbes et étonnants. Les retouches d'accommodation et les retouches d'utilisation sont remarquablement nettes et bien caractérisées.

Cette industrie étant la plus ancienne dûment reconnue et admise, c'est donc au Miocène supérieur qu'il faut actuellement faire remonter la première notion certaine de l'existence de l'humanité, prise naturellement dans le sens le plus large.

M. le Dr Capitan vient de m'informer qu'il termine en ce moment un premier travail descriptif sur l'industrie éolithique du Puy-Courny.

II. SILEX DU CHALK PLATEAU DU KENT. — Ces silex sont connus depuis une douzaine d'années, grâce aux travaux de sir J. Prestwich.

Ils ont été rencontrés dans le cailloutis de base d'un *drift* ou alluvion fluviale argileuse répandue à la surface du haut plateau crétacé du Kent (Angleterre), toujours à plus de 150 mètres au-dessus du niveau de la mer, plateau dans lequel ont été ensuite creusées les vallées de la région.

Cette situation fait comprendre leur haute antiquité, certainement antérieure aux « Cromer beds », qui sont du Pliocène supérieur.

D'autre part, on sait que le Pliocène inférieur correspond à une période d'affaissement du sol et par conséquent à des mers amples.

Dès lors, l'âge Pliocène moyen est celui qui convient le mieux pour dater les silex du Chalk Plateau et le drift qui les recouvre.

Du reste, remarquons que leur gisement, toujours à plus de 150 mètres au-dessus du niveau de la mer, correspond très approximativement à 100 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux dans les vallées de la région.

Or, l'altitude de 100 mètres et plus au-dessus du niveau actuel des eaux, tant en Belgique que dans le Nord de la France et de l'Allemagne, correspond précisément ainsi à ce que nous appelons la *haute terrasse* ou *terrasse supérieure*.

De plus, la mer diestienne ou du Pliocène inférieur ayant recouvert une assez vaste surface du bassin anglo-franco-belge, la première ébauche du creusement des vallées n'a pu se produire que pendant le retrait de la mer diestienne, par les eaux douces sauvages suivant la mer dans sa retraite, causée par un soulèvement du sol.

Lorsque le soulèvement du sol eut cessé, les eaux ont fini d'éroder et elles ont commencé à déposer le cailloutis dont les éléments ont été utilisés par nos ancêtres habitant le Chalk Plateau.

Plus tard, un affaissement du sol a permis à la mer de récupérer une partie des territoires perdus, et les fleuves ont ralenti leur vitesse; ils ont alors déposé le drift qui recouvre l'industrie du Chalk Plateau. On voit donc que cette industrie du Kent est synchronique des cailloutis de la *terrasse supérieure* de nos vallées, qui forme partie intégrante du

plateau ondulé qui domine la vallée proprement dite, à pentes rapides.

On en arrive encore de cette manière à l'âge pliocène moyen.

Comme les silex du Puy-Courny, ceux du Chalk Plateau répondent exactement à la définition de l'industrie éolithique.

Ils ne comprennent que les outils destinés à frapper, à gratter ou racler et à percer.

De nombreux auteurs anglais ont écrit sur les éolithes du Chalk Plateau et en ont donné de bonnes figures.

III. SILEX DE SAINT-PREST. — Les silex de Saint-Prest, près de Chartes (vallée de l'Eure), sont connus depuis longtemps; ils ont été signalés par l'abbé Bourgeois; toutefois, moins chanceux que ceux de Thenay, ils n'ont pas été pris en considération et l'oubli s'est vite étendu sur eux.

M. A. Laville, préparateur de Paléontologie à l'École des Mines de Paris, a bien voulu aller à Saint-Prest et m'envoyer le résultat de ses recherches.

J'ai trouvé, dans les matériaux recueillis en place au niveau du Pliocène supérieur, caractérisé par la présence de la faune de l'*Elephas meridionalis*, des silex répondant entièrement à la définition des éolithes : ce sont des percuteurs (enclumes et percuteurs) et des racloirs-grattoirs avec bonnes retouches.

III^{bis}. SILEX DES FOREST CROMER BEDS. — M. Lewis-Abbott, de Saint-Leonard's-on-Sea, l'un des découvreurs des silex du Chalk Plateau, faisant des recherches dans les Cromer Forest Beds de la côte Sud-Est de l'Angleterre, a rencontré, en place, des silex utilisés, dont l'un, notamment, était engagé dans le creux d'un os d'*Elephas meridionalis*.

L'auteur de la découverte a bien voulu me communiquer les silex recueillis et qu'il avait déjà décrits et publiés; j'y ai reconnu sans peine l'industrie éolithique. On sait que les Cromer Beds représentent, comme les alluvions anciennes de Saint-Prest, le Pliocène supérieur.

IV. SILEX DE REUTEL. — En 1900, j'ai fait connaître la découverte, faite dans la vallée de la Lys (Flandre occidentale), de vastes gisements de silex utilisés, rencontrés à la base des dépôts quaternaires de la *terrasse moyenne*, située, comme on le sait, entre 25 et 65 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux dans la vallée.

L'étude du creusement de la vallée de la Lys m'a conduit à considérer le cailloutis de silex, ayant fourni la matière première à l'industrie reconnue, comme déposé à la fin du Pliocène supérieur. Dès lors, l'utilisation des éléments du cailloutis daterait de la première minute des temps quaternaires, correspondant à la phase d'avancement ou de

progression des glaces du premier Glaciaire quaternaire, ou grand Glaciaire.

L'industrie, très riche, répond complètement à la définition de l'Éolithique et, vu l'abondance des silex autour d'un hameau : Reutel, dépendant du village de Becelaere (Est d'Ypres), j'ai proposé de donner à l'industrie située à la base des dépôts de la terrasse moyenne, le nom d'industrie *reutelienn*e.

Depuis, j'ai recueilli le Reutélien en abondance à la base des dépôts de la moyenne terrasse des vallées de l'Escaut, de la Haine, de la Sambre, de la Meuse et sur le plateau élevé de la Campine, correspondant à la terrasse moyenne de la vallée de la Meuse.

V. SILEX DE MAFFLES ET D'AISEAU. — A la fin du Pliocène, le fond des vallées s'étant établi au niveau marqué de nos jours par la terrasse moyenne, une nouvelle érosion d'environ 30 mètres de profondeur s'est produite dans une zone plus ou moins restreinte du vaste lit pliocène, érosion qui amena le nouveau fond à quelques mètres au-dessus du niveau actuel des eaux, vers le milieu de la première assise quaternaire ou *Moséen*.

C'est pendant que se produisait cette érosion que les Reutéliens utilisaient le cailloutis du fond pliocène actuellement exondé.

La vitesse des eaux venant à diminuer, l'érosion cessa, et le nouveau fond fut couvert d'un cailloutis, dont des zones latérales furent mises à découvert.

Les populations, pour se rapprocher de l'eau, descendirent du cailloutis de la terrasse moyenne et s'établirent sur le cailloutis nouvellement déposé, qui constitue de nos jours le gravier de base des dépôts de la *basse terrasse*, c'est-à-dire celle élevée de quelques mètres au-dessus du niveau actuel des eaux.

Nos ancêtres continuèrent, sur la basse terrasse, à utiliser le silex comme ils l'avaient fait précédemment, et ils abandonnèrent à sa surface une industrie moins ancienne que celle de la moyenne terrasse et que je propose d'appeler, vu sa position spéciale et bien définie, *industrie reutelo-mesvinienne*.

Cette industrie appartient encore entièrement à l'Éolithique; elle ne se distingue en rien des précédentes.

Je n'ai pas encore rencontré cette industrie dans la vallée de la Lys, le cailloutis de la basse terrasse y étant très peu développé, mais je l'ai trouvée, très riche, dans la vallée de la Dendre (à Maffles), dans les vallées de la Haine et de ses affluents en de très nombreux points, et dans la vallée de la Sambre, dans les tranchées de la gare d'Aiseau.

Elle paraît être faiblement représentée dans la vallée de la Meuse.

VI. SILEX DE MESVIN. — Les silex de Mesvin ont vu le jour à peu près en même temps que l'abbé Bourgeois recueillait des silex à Thenay.

C'est en 1868, lors du creusement des tranchées du chemin de fer de Mons à Binche, que G. Neyrinckx, explorant les terrassements entre Hyon-Ciply et Spiennes, recueillit, dans un cailloutis formant la base du Quaternaire, à la fois des ossements de Mammouth, de *Rhinoceros tichorhinus* et d'animaux de la même faune, des silex taillés de forme amygdaloïde identiques à ceux que Boucher de Perthes avait recueillis dans la vallée de la Somme et que l'on admettait enfin comme authentiques, grâce à Lyell, à Prestwich, à John Evans, à Hebert et à A. Gaudry. A ces instruments, de forme définie, étaient mêlés d'assez abondants éclats de silex, qui se distinguent de leurs voisins par une série de caractères qui s'imposaient à l'attention.

Neyrinckx recueillit donc une collection de ces silex à retouches, qu'il considérait avec raison comme utilisés; mais la mort vint le surprendre avant qu'il eût pu exposer ses idées à leur sujet. Cornet, Briart et Houzeau de Lehaie en firent toutefois mention dans leur travail présenté au Congrès international tenu à Bruxelles en 1872.

Cette collection est précieusement conservée au Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles.

Il est probable que le silence se serait fait sur ces recherches, si E. Delvaux n'avait participé aux travaux de Neyrinckx et si Cels ne s'y était intéressé à son tour.

Delvaux reconnut que, dans la tranchée de Mesvin, un niveau directement inférieur au gros cailloutis quaternaire renfermait les éclats retouchés, à l'exclusion des instruments amygdaloïdes.

Il en conclut que l'industrie à facies grossier et primitif était d'âge plus ancien que celle constituée par les instruments plus perfectionnés, tels que la hache en amande, et il donna à cette industrie nouvelle et inconnue, ainsi révélée, le nom de *Mesvinien*.

Depuis, les travaux d'exploitation du phosphate de chaux, en éven-trant largement le sol, ont mis à découvert des coupes bien plus complètes et plus significatives que celle de la tranchée de Mesvin, et les géologues ont pu fixer avec plus de précision la position exacte de l'industrie pure de Mesvin, ou Mesvinien.

De mes études à l'exploitation Helin et de celles de mes confrères, il résulte que, le Reutelo-Mesvinien se trouvant à la base des dépôts moséens de la terrasse inférieure, l'industrie mesvinienne se rencontre

dans le cailloutis formant le sommet des dépôts moséens; de plus, dans la vallée de la Lys, j'ai reconnu que, le Moséen ayant recouvert les terrasses inférieure et moyenne, le Mesvinien se trouve aussi dans le cailloutis sommet du Moséen de la terrasse moyenne.

Telle est donc la position précise de l'industrie mesvinienne, qui répond absolument à la définition du groupe industriel éolithique, avec cette seule différence que dans le Mesvinien, beaucoup d'outils proviennent d'éclats obtenus par débitage intentionnel, tandis que dans les industries précédentes, les éclats naturels étaient surtout utilisés.

Je crois qu'il n'y a pas eu intention spéciale d'exécuter le débitage; cette opération a été une *nécessité absolue*, la matière première ne s'étant offerte que sous forme de rognons presque toujours intacts.

VII. INDUSTRIE DE STRÉPY. — A l'exploitation Helin, au-dessus du cailloutis moséen à industrie mesvinienne, se développent des sables fluviaux constituant l'*assise campinienne*, à faune exclusive du Mammoth et où se recueillent les premiers spécimens de haches en amande du type de Chelles et de Saint-Acheul. Ces dépôts renferment donc l'*industrie chelléenne*.

Toutefois, ces sables fluviaux montraient trois niveaux de cailloux superposés : l'un à environ 30 centimètres au-dessus du cailloutis mesvinien, un autre à 0^m,30 à 0^m,40 plus haut que le premier et un, enfin, au sommet de l'assise, formé d'un lit noir, tourbeux et terreux, traces évidentes d'un ancien sol.

Ce niveau supérieur avait fourni également des instruments amygdaloïdes, non plus taillés à grands éclats comme ceux recueillis plus bas, mais à contours réguliers et à tranchant linéaire, obtenu par une retouche soignée, à petits éclats.

Nous sommes donc là en présence du type *acheuléen*.

Jusque dans ces derniers temps, les silex provenant des deux niveaux du bas avaient été mélangés; mais, en les classant, j'avais pu remarquer quelques particularités qui tendaient à me faire croire que si l'on avait distingué les matériaux des deux niveaux inférieurs, un résultat intéressant aurait pu être atteint.

M. le Directeur du Musée m'a alors autorisé à pratiquer des fouilles spéciales, au cours desquelles les silex des deux niveaux caillouteux inférieurs du Campinien devaient être recueillis à part, et cette opération m'a permis de reconnaître que les haches en amande du type *chelléen* n'existaient que dans le niveau médian (le supérieur renfermant l'*Acheuléen*), tandis que le niveau inférieur renfermait une véritable industrie de transition entre le Mesvinien et le Chelléen.

C'est à ce niveau que se montraient les premiers instruments amygdaloïdes grossiers, c'est-à-dire à talon réservé, constitué par la croûte naturelle du rognon de silex et occupant la moitié ou plus de la surface de l'instrument.

Cette observation très précise m'a permis de classer immédiatement d'admirables gisements, que notre chercheur, M. N. Dethise, avait découverts, sur mes indications, peu de temps auparavant, sur les deux rives de la vallée de la Haine, et notamment aux Estinnes, à Strépy, à Saint-Vaast et à Trivières.

Ces gisements, outre qu'ils renferment de nombreux racloirs et grattoirs, simple perfectionnement des formes éolithiques, nous font véritablement assister à la naissance de l'instrument amygdaloïde, obtenu par dégrossissage de rognons de forme en amande ou ovale aplati et des poignards, réalisés par la formation d'une pointe à une extrémité de rognons très allongés, subcylindriques.

Je ne saurais assez insister sur l'importance capitale de cette industrie, qui forme réellement la transition de l'*Éolithique* au *Paléolithique*.

Les séries, très riches et très nombreuses, réunies au Musée de Bruxelles, sont réellement saisissantes.

Alors que les Éolithiques, depuis les temps miocènes supérieurs du Puy-Courny jusqu'au sommet du Quaternaire inférieur ou Moséen de Mesvin, ne se sont servis exclusivement que d'*outils*, la transition, si bien constatée à Strépy, à la base du Campinien, contemporaine de la première apparition du Mammouth, nous montre ainsi la première apparition des armes, représentées par des casse-têtes puissants et par des poignards véritables.

Avec cette transition commencent donc les temps paléolithiques.

Immédiatement après la transition, nous entrons dans le niveau à industrie *chelléenne typique*, mais à un Chelléen bien différent de celui de M. G. de Mortillet.

Outre la hache en amande, ou « coup-de-poing chelléen », on rencontre au même niveau de superbes grattoirs et racloirs, des poignards parfaitement taillés et perfectionnés, sur ceux de la transition, dans une proportion identique au perfectionnement de la hache en amande, des pointes moustériennes, des pointes de lance, de sagaies et de flèches à pédoncule et d'un beau travail.

Au-dessus vient l'Acheuléen, nouveau et dernier perfectionnement du Chelléen, dont l'essor a été arrêté, dans nos régions, par la rudesse du climat ayant provoqué la progression de la calotte de glaces du second Glaciaire quaternaire.

Mais nous voici arrivés dans les temps connus, sur lesquels il est inutile d'insister.

Il ressort donc de cette étude que longtemps avant le Chelléen, nous trouvons les traces nombreuses d'une industrie dite *éolithique*, bien caractérisée et toujours semblable à elle-même, sans modification ni progrès, dont les premières, actuellement admises par suffisamment de préhistoriens pour qu'elles s'imposent à l'attention générale, apparaissent, dès le Miocène supérieur, en France, dans le Cantal.

Cette adoption de l'industrie éolithique d'âge miocène supérieur nous donne donc, par le fait même, l'état précis de nos connaissances sur l'antiquité de l'homme.

Mais il y a toutefois à faire remarquer un fait important, c'est que le groupe industriel primitif ou éolithique, caractérisé par une stagnation absolue, déjà aussi parfait dans le Miocène qu'au sommet du Moséen, semble indiquer un stade bien particulier et bien nouveau de l'histoire de l'Humanité, stade comparable à l'état social très intéressant et même très perfectionné des fourmis et des abeilles, mais ne semblant pas devoir être soumis à modification ni progrès.

Cependant, nous constatons en fait que cet état stagnant de la mentalité s'est brusquement modifié à l'aurore du Campinien par l'invention des armes, et dès lors les progrès et les modifications ont été incessants et rapides, et nous ont mené au point où nous sommes aujourd'hui.

Ce progrès par l'invention des armes peut paraître étrange et difficile à comprendre.

D'après mes recherches, il est le résultat immédiat d'une cause purement géologique.

En effet, les affleurements de matière première utilisable ont été de plus en plus abondants et étendus en allant du Tertiaire au Quaternaire.

Mais à partir du Quaternaire, les gisements se sont successivement recouverts de dépôts fluviaux étendus, limoneux et autres, qui les ont bientôt fortement réduits.

Alors la lutte pour la possession des gisements de silex a dû inévitablement se produire.

Les peuplades dépossédées de leurs gisements séculaires ont essayé de chasser les possesseurs plus favorisés; l'attaque a amené la défense, et l'usage des armes s'est ainsi introduit très rapidement et s'est généralisé.

Je compte aborder ces divers points dans des travaux en préparation (1).

Enfin, pour terminer, je donnerai ci-après un tableau qui résume tout ce qui a été dit dans le cours de ce travail. (Voir ci-contre.)

De chaleureux applaudissements soulignent la très intéressante communication que vient de faire M. Rutot.

M. le Dr *Jacques* estime que ces applaudissements sont mérités, car, dit-il, M. Rutot doit être considéré comme le véritable initiateur des récents progrès de la science préhistorique. Il rend hautement hommage à ses travaux et à ses recherches en la matière. De ce qui était jusqu'ici un véritable chaos, M. Rutot en a fait une science, et l'on voit les savants venir de toutes parts consulter ses collections et s'initier à ses résultats. Ses théories paraissent être l'expression de la vérité scientifique, et c'est un réel honneur pour la Société belge de Géologie d'avoir à sa tête un homme de la haute compétence de M. Rutot.

De nouveaux applaudissements succèdent au témoignage de haute considération que vient d'exprimer M. le Dr *Jacques* à M. *Rutot* pour ses intéressantes études.

M. *Rutot* remercie vivement de l'honneur que l'on veut bien lui faire, mais il tient à constater qu'il n'est que le continuateur d'une science à laquelle il manquait surtout la donnée géologique. L'industrie éolithique a été reconnue bien avant lui, notamment par le Dr *Jacques*, et les quelques progrès qu'il a pu réaliser sont simplement dus à l'application raisonnée de la Géologie à la Préhistoire.

M. le Dr *Jacques* rappelle, en outre, que, dans sa communication, M. Rutot a cité Boucher de Perthes comme étant le père de la Préhistoire; il croit utile de revendiquer en faveur d'un Belge le même honneur; Schmerling, en effet, dès 1852, écrivait d'intéressantes publications démontrant la contemporanéité des ossements humains avec les silex et les grands mammifères, ce que déniait absolument Cuvier.

M. *Rutot* remercie M. *Jacques* de sa rectification, mais fait remarquer que c'est bien involontairement qu'il a oublié de parler de Schmerling; son discours n'était pas préparé et c'est ce qui explique son oubli.

(1) Il est utile de rappeler que M. Rutot a donné, à la fin de son travail intitulé : *Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du S.-E. de l'Angleterre* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVII, 1903), un tableau indiquant la position stratigraphique précise des industries humaines, à partir du Pliocène.

Tableau chronologique des industries humaines.

TERRAIN TERTIAIRE			INDUSTRIES ÉOLITHIQUES	
Pliocène.	Miocène.	Inférieur.		
		Moyen.		
		Supérieur.		
	Oligocène.	Inférieur.		
		Moyen.		
		Supérieur.		
	Éocène.	Inférieur.		
		Moyen.		
		Supérieur.		
			Industrie de Thenay ? (France).	
			Industrie du Puy-Courny (Cantal).	
			Industrie du Chalk Plateau du Kent (Angleterre)	
			Industrie de Saint-Prest (France). — du Forest Cromer Bed (Angleterre).	
			Industrie de Reutel (reutelienne).	
			Industrie reutelo-mesvinienne. — mesvinienne.	
			Transition du Mesvinien au Chelléen. Industrie chelléenne. — acheuléenne.	
			Industrie moustérienne.	
			Industrie éburnéenne.	
			Industrie tarandienne.	
			</	

Il est l'un des premiers à honorer Schmerling comme l'un des pères, persécutés, de la Préhistoire. Il rappelle toutefois que, sur la fin de sa vie, Boucher de Perthes a publié, à ses frais, de grands travaux, lesquels ont été détruits après sa mort, ensuite d'une décision d'un conseil de famille; deux ou trois exemplaires seulement ont pu être sauvés.

Suite de la discussion sur la vitesse de circulation des eaux souterraines et sur l'emploi de la fluorescéine.

M. le capitaine *Mathieu*, à la prière de M. le *Secrétaire général*, un peu souffrant, donne ensuite lecture de la note suivante de M. *Dienert* :

QUELQUES REMARQUES

SUR LES

EXPÉRIENCES FAITES AVEC LA FLUORESCÉINE ET LE SEL MARIN

PAR

F. DIENERT

En me demandant mon avis sur l'intéressant travail de MM. Fournier et Magnin, M. Van den Broeck a eu l'extrême obligeance de me communiquer les notes très instructives de MM. Martel, Schardt, Le Couppey, ainsi que ses critiques personnelles. Partageant les vues et les observations de la plupart de mes honorables confrères, je me serais trouvé fort embarrassé d'ajouter quelques observations nouvelles à ces intéressantes notes, si je n'avais à présenter les résultats d'expériences inédites.

J'étais en parfaite contradiction avec MM. Fournier et Magnin au sujet de leur conclusion; j'avais trouvé que la fluorescéine circulait souterrainement avec une vitesse plus grande que le sel marin; mais depuis l'apparition de leur note à l'Académie des Sciences, M. Fournier a bien voulu m'écrire que dans certains terrains ses résultats étaient d'accord avec les miens. J'expliquerai toutefois, dans la suite, pourquoi on ne doit pas faire état des différences de vitesse constatées dans mes expériences.

Avant toute discussion, il faut savoir ce que l'on entend par *vitesse de l'eau*. MM. Schardt et Martel insistent, avec juste raison, sur ce point important.

Quand les expériences d'hydrologie souterraine ont pour but de connaître le temps mis par une eau contaminée pour aller d'un béttoire à une source (et c'est le cas dans lequel nous nous plaçons à la ville de Paris), nous considérons comme vitesse de l'eau, la *vitesse maxima* que prend une molécule d'eau contaminée pour ressortir aux émergences. Dans un canal régulier, lorsqu'aucun obstacle ne vient modifier la vitesse du courant en certains points, on voit les réactifs versés dans un tel canal s'écouler aussi rapidement que les flotteurs qu'on y a jetés. Le réactif ne s'étale guère, et la *vitesse maxima* que nous recherchons est très voisine de la vitesse moyenne de l'eau, au point qu'il est permis de les confondre.

L'expérience que nous avons faite dans l'aqueduc qui amène les eaux des sources captées par la ville de Paris dans la vallée du Lunain, grâce à l'obligeance de M. Bechmann, chef du service des eaux, et dont les résultats sont consignés dans le tableau I ci-dessous, montre

I. — **Expérience faite dans l'aqueduc des sources de la vallée du Lunain captées par la ville de Paris.**

	TEMPS MIS PAR		
	Fluorescéine ou sel marin.	Flotteurs libres de surface.	Flotteurs lestés.
Pour aller du point de jetée au poste I (1,600 m.)	35'	34',4	35'
Pour aller du poste I au poste II (1,600 m.), tête du siphon	40'	40'	40',7
Pour aller du poste II au poste III (1,800 m.), sortie du siphon (con- duite forcée)	1 ^h ,50'	A cause des coudes, les flotteurs ne purent ressortir au poste III. On a calculé la vitesse moyenne d'après le calibre des tuyaux et l'on a trouvé 1 ^h ,46'	

qu'en jetant dans le courant de la fluorescéine, du sel marin, des flotteurs de surface ou des flotteurs lestés, on obtient pour ces différents corps des vitesses égales.

Mais chacun sait que si le canal devient irrégulier, s'il y a des obstacles, le courant change d'allure. Il y a des remous et des tourbillons, la vitesse moyenne du courant devient souvent bien plus faible

que la vitesse maxima, de telle sorte que, grâce à la dilution excessive des premières molécules du réactif, celui-ci échappera à nos moyens d'investigation. Comparée à la vitesse maxima, la vitesse trouvée sera erronée.

Nous ignorerons toujours les irrégularités de nos cours d'eau souterrains, et si, comme le pense M. Schardt, nous arriverons à mieux connaître cette vitesse maxima en améliorant nos moyens d'investigation, nous devons nous rappeler que, dans certains cas, une simple amélioration de technique permet de se faire une idée très approximative du moment où les premières molécules du réactif apparaissent aux sources. Je citerai un exemple :

On jette une certaine quantité de réactif dans une perte de ruisseau. On suit aux sources, par l'analyse, l'arrivée du réactif, puis on dresse une courbe des résultats obtenus en portant, en ordonnée, la concentration du réactif trouvée et, en abscisse, l'heure de la prise. Cette courbe présente quelquefois plusieurs maxima. La même expérience est recommencée deux ou trois jours après, en employant toutefois une dose double, par exemple, de réactif. L'apparition de celui-ci est suivie comme précédemment; on obtient ainsi une nouvelle courbe.

Si on rapporte ces deux courbes aux deux mêmes axes de coordonnées, et si on s'arrange de telle sorte que le premier maximum de chaque courbe soit situé sur une même ordonnée, la discussion montre qu'elles se rencontreront en un point de l'axe des abscisses, à gauche du maximum, qui correspond à l'apparition des premières molécules du réactif.

Il est inutile d'ajouter, car tous mes collègues qui ont fait des expériences de ce genre le savent, qu'il ne faut pas qu'il y ait eu, dans l'intervalle de deux expériences, un orage ou une crue quelconque. Même dans un moment ordinaire, dans un terrain crayeux où on admet généralement, et à tort d'après nous, une certaine régularité de circulation souterraine, il ne faut pas tarder pour refaire la deuxième expérience, sinon on s'expose à des résultats inexacts.

Ainsi, dans la région de l'Avre, le 11 juin dernier, dans un moment de calme, nous avons eu l'occasion de faire deux expériences simultanées sur le même bétail, et à huit jours d'intervalle. Nous nous proposons d'étudier à nouveau les résultats obtenus avec différents réactifs, la fluorescéine et le sel marin.

Dans la première expérience, on jeta 2^{kg},500 de matière colorante dans le bétail du Haut-Chevrier. L'expérience a été conduite comme nous venons de le dire : la fluorescéine était dosée par comparaison avec de l'eau contenant des doses connues de matière colorante.

Au bout de huit jours, l'expérience fut recommencée au même endroit, mais avec 2^{kg},500 de fluorescéine, additionnée de 50 kilogrammes de sel marin (le tout dissous dans 100 litres d'eau). Pour terminer, on jetait 50 kilogrammes de sel en vrac dans le béttoire.

Dans notre pensée, si le sel marin éprouvait un retard dans le sol, la fluorescéine qui lui était mélangée devait suivre le sel et éprouver les mêmes difficultés. Nous étions conduit à admettre ce raisonnement grâce à des expériences de laboratoire sur lesquelles nous ne pouvons insister dans une courte note.

Les résultats de ces deux expériences sont consignés dans le tableau II ci-dessous. On y constate :

II. — Résultats de deux expériences consécutives faites dans la région de l'Avre, au béttoire du Haut-Chevrier, à 200 heures d'intervalle.

SOURCES ATTEINTES.	PREMIÈRE EXPÉRIENCE.			DEUXIÈME EXPÉRIENCE.		
	Apparition de la fluorescéine	Maximum de coloration apparue.	Degré de coloration maxima constatée.	Apparition de la fluorescéine	Maximum de coloration apparue.	Degré de coloration maxima constatée.
			milliardièmes			milliardièmes
Graviers	Après 66 h.	Après 78 h.	8	0	Après 0 h.	0
Foisy	— 64 h.	— 72 h.	72	Après 94 h.	— 93 h.	42
Rivière	— 64 h.	— 72 h.	240	— 87 h.	— 95 h.	48
Trou d'eau	— 68 h.	— 78 h.	90	— 99 h.	— 103 h.	7
—	»	(1 ^{re} maximum) Après 112 h. (2 ^e maximum)	8	»	(1 ^{re} maximum) Après 125 h. (2 ^e maximum)	40
Launay	— 72 h.	Après 78 h. (1 ^{re} maximum)	480	— 99 h.	Après 107 h. (1 ^{re} maximum)	46
—	»	Après 114 h. (2 ^e maximum)	7	»	Après 125 h. (2 ^e maximum)	48
Trois-Mulets	— 72 h.	Après 78 h. (1 ^{re} maximum)	480	— 99 h.	Après 107 h. (1 ^{re} maximum)	30
—	»	Après 114 h. (2 ^e maximum)	7	»	Après 125 h. (2 ^e maximum)	48

Nota. — Dans chaque expérience, les temps sont comptés à partir du moment où la fluorescéine a été versée dans le béttoire. La distance du béttoire était de 8^{km},6.

1° Que, mélangée au sel marin, la fluorescéine a une vitesse moindre que lorsqu'elle est introduite seule;

2° Que la coloration des eaux de sources a fortement diminué dans la deuxième expérience;

3° Que, pour trois sources, on obtient deux maxima de coloration, mais, tandis que dans la première expérience le premier maximum est de beaucoup le plus coloré, dans la seconde expérience, il y a peu de différence entre l'intensité des deux maxima.

A priori, un examen superficiel pourrait attribuer au sel marin la cause des différences observées dans la dernière expérience; mais si par un troisième essai, fait avec la fluorescéine seule, on veut s'assurer que le régime hydrologique souterrain s'est maintenu à peu près constant pendant la durée des deux expériences, on constate que ce dernier est changé et qu'alors aucune conclusion de ce genre ne peut être formulée. En effet, tandis que le 11 juin on constatait une communication très nette entre le bétouire du Haut-Chevrier et les sources de la ville de Paris, au point que les sources furent colorées à l'œil nu, le 1^{er} juillet la même expérience donna des résultats négatifs.

Par cet exemple, on voit combien il est utile de prendre de nombreuses précautions avant de tirer des conclusions. J'ignore si, dans les expériences rapportées par MM. Fournier et Magnin, ces divers contrôles ont été faits; en tout cas, dans mes expériences, je ne me suis pas entouré de toutes ces garanties pour pouvoir donner des conclusions quelconques sur les différences de vitesse constatées entre la fluorescéine et le sel marin.

Un dernier point que nous ignorons encore est relatif à la répartition des réactifs dans les courants souterrains.

Lors de notre expérience exécutée dans l'aqueduc du Lunain et rapportée plus haut, nous avons versé une première fois une solution de fluorescéine à 4 %, une seconde fois un mélange de sel marin en solution concentrée (50 %) et de fluorescéine.

A chaque poste, on prélevait de l'eau au fond et à la surface du courant. On a trouvé qu'avec la fluorescéine seule, la partie supérieure du courant était environ deux fois plus colorée que la partie inférieure.

Avec le mélange de sel et de fluorescéine, il n'y avait aucune différence de coloration. Il y a tout lieu de penser que l'accès du fond de l'aqueduc a été facilité grâce à la forte densité de cette dernière solution.

En opérant avec des vitesses bien moindres que dans un aqueduc, où le courant est généralement très fort, nous avons obtenu avec des solutions concentrées de sel marin additionnées de fluorescéine des eaux du fond nettement plus colorées que les eaux de la surface.

On peut s'imaginer qu'à un certain moment, le fond et la surface du courant peuvent se trouver séparés par une cloison à peu près étanche, formant ainsi deux canaux superposés diversement colorés suivant le réactif ou le mélange de réactifs employé.

On peut encore supposer que pour diverses raisons la vitesse de l'eau dans ces deux canaux superposés, aboutissant à une même source, sera différente. On constatera alors plusieurs colorations aux émergences. Si la première de ces colorations échappe, on n'aura plus que la vitesse donnée par la deuxième coloration, d'où résultat erroné.

En un mot, avant de pouvoir conclure que le sel marin et la fluorescéine donnent des vitesses différentes, il faut examiner tous les facteurs qui peuvent rendre non comparables les résultats trouvés.

Tout le monde connaît, par exemple, les difficultés qu'éprouvent les eaux de deux rivières à se mélanger avant quelques kilomètres en aval de leur confluent. De tels phénomènes doivent exister également dans le sous-sol.

En résumé, nous sommes d'avis qu'il faut, avant de conclure que le sel et la fluorescéine ont des vitesses différentes, qu'on puisse démontrer que les conditions d'hydrologie souterraine sont restées identiques.

Il faut, en outre, se souvenir qu'en ajoutant aux eaux une grande quantité de sel on change leur concentration; ce qui leur permet, grâce à leur densité, d'atteindre des parties plus profondes des courants souterrains.

Enfin, souvenons-nous bien qu'actuellement nous employons des réactifs dont nous ignorons la répartition dans les courants très irréguliers du sous-sol; aussi nos conclusions, à cet égard, doivent-elles être prudentes.

M. *Van den Broeck* fait connaître que, lors d'un récent voyage à Paris, il a eu l'occasion de discuter avec MM. *Marboutin* et *Martel* la question de la vitesse des eaux souterraines et celle des expériences à la fluorescéine.

Il a ainsi pu, avec l'aide de M. *Marboutin*, convaincre M. *Martel*, qui s'est rendu à leur manière de voir, qui est aussi celle si clairement exposée, récemment, par M. *Rabozée*, établissant que pour faire une étude sérieuse, il faut s'adresser à d'autres éléments percepteurs que nos organes de vision, qui ne permettent nullement d'apprécier les débuts de l'arrivée de la fluorescéine et donnent une idée très fautive de sa vitesse de translation, qui n'est autre que celle de l'eau. Ceci étant reconnu, il s'ensuit que du même coup la question des vitesses de l'eau,

de la fluorescéine et des autres substances utilisées dans les expériences s'éclaire complètement et fait reconnaître que la plupart des observateurs ont versé dans les erreurs les plus graves en parlant de *retards* là où il n'y a que défaut de perception.

M. le *Secrétaire général* donne lecture de la nouvelle note ci-après, que vient de lui envoyer M. *Fournier* en réponse aux objections faites au travail qu'il a présenté à l'Académie des Sciences en collaboration avec M. *Magnin*.

Note sur la vitesse des eaux souterraines,

par E. FOURNIER et A. MAGNIN.

Il ressort très nettement des objections qui ont été faites à notre communication sur la vitesse des eaux souterraines, que la plupart de nos contradicteurs ont interprété d'une manière erronée les principes d'hydraulique auxquels nous avons fait appel. Il est absolument nécessaire de relever cette interprétation, qui consisterait à nous prêter sur cette question une opinion diamétralement opposée à celle que nous avons voulu mettre en lumière; il importe donc de préciser encore une fois les termes, et d'une façon beaucoup plus rigoureuse que nous n'avons pu le faire dans une note sommaire à l'Académie.

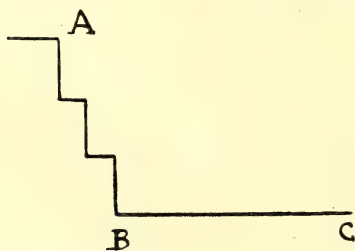


FIG. 1.

Nous avons voulu démontrer que si, dans un parcours souterrain composé de deux parties, l'une *AB*, sensiblement verticale, l'autre *BC*, sensiblement horizontale, le régime d'écoulement en conduite libre est remplacé par le régime en conduite chargée, si faible que puisse être la charge, la vitesse augmente brusquement. Le fait est aussi facile à

vérifier expérimentalement que par des considérations mécaniques. Si, pour faire cette démonstration, nous avons cru devoir faire appel aux formules de Prony et de Darcy, ce n'était pas (comme on a voulu nous le faire dire par une interprétation résolument erronée) pour affirmer que, dans les portions dilatées, une masse d'eau comprise entre deux plans consécutifs se propageait avec une vitesse plus grande, ce qui est évidemment absurde, mais pour montrer que ces portions dilatées, au lieu d'occasionner une perte de charge plus grande, en occasionnaient au contraire une moindre, et que cette diminution de

perte de charge avait pour effet d'assurer, dans l'écoulement général du réseau, une vitesse moyenne plus considérable que celle qui existe lorsque le réseau fonctionne en conduite libre et où les réservoirs intercalés correspondent à des sections où la vitesse a des tendances à s'annuler (1).

Il est évident aussi que les formules de Prony et de Darcy, qui sont d'ailleurs empiriques, ne sont applicables qu'à des conduites à diamètre constant; aussi n'avons-nous jamais eu l'idée de les appliquer à l'ensemble du réseau : nous n'y avons fait appel que pour montrer ce qui se passait en un point donné du réseau, point pour lequel la section élémentaire peut être comparée, entre deux plans consécutifs suffisamment rapprochés, à une section régulière mécaniquement équivalente.

Le fait que la perte de charge diminue quand le diamètre augmente est rigoureusement démontré, et ce n'est pas sans étonnement que nous le voyons discuter au nom des principes élémentaires de l'hydrologie. La ligne de charge est d'autant plus voisine de l'horizontale que le diamètre est plus grand.

De même, quand nous avons voulu faire ressortir par un schéma la différence existant entre le régime des calcaires à stratifications peu épaisses et celui des calcaires percés de gouffres verticaux profonds, nous n'avons pas eu l'idée, comme on a voulu nous le faire dire, de nier que la projection des divers éléments du réseau en gradins ne fût précisément égale à l'horizontale unique, atteinte presque immédiatement par les eaux dans les calcaires jurassiques. Ce que nous avons voulu faire ressortir, c'est que, dans le cas d'une descente

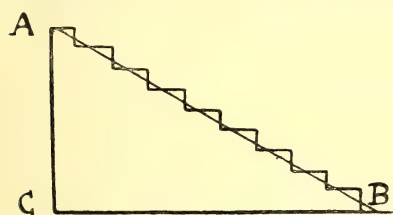


FIG. 2.

verticale brusque de l'eau « jusqu'à un niveau peu supérieur à celui de la résurgence », la force vive de l'eau se trouve brusquement amortie et qu'au régime de chute sensiblement verticale de la première partie du réseau se trouve substitué brusquement un régime d'écoulement subhorizontal à vitesse très faible. Dans le cas de nombreux gradins successifs (voir fig. 2), l'amortissement de la force vive se trouve fractionné, l'appel d'eau causé par les cascades successives se produit en plusieurs points au lieu de se produire en un

(1) Nous préparons en ce moment une note détaillée dans laquelle nous donnerons à cette question tout le développement qu'elle comporte.

seul; enfin, les seuils qui séparent les gradins successifs ont des tendances à prendre une pente sensible, grâce à l'usure progressive par les eaux, tandis que dans le cas de la chute verticale unique, il se produit un creusement en marmite de géant au pied de la cascade, et toute la force vive de l'eau se trouve amortie par ce creusement. Il est d'ailleurs extrêmement facile de vérifier expérimentalement la réalité du fait avancé par nous.

Si l'on supposait que le nombre des seuils à franchir devint infini, on substituerait à leur succession un thalweg à pente uniforme *AB* et il devient surabondamment évident que l'écoulement suivant *AB* se fera plus rapidement qu'en suivant le trajet *ACB*.

Cette lettre, dont certains passages paraissent encore obscurs à la plupart des membres présents, sera soumise à l'examen de M. le capitaine *Rabozée*, qui la commentera s'il y a lieu.

M. le *Secrétaire général* donne lecture de la lettre suivante, qui lui a été adressée par M. *Marboutin* à propos du nom « fluoroscope ou fluorescope » donné à l'appareil pour vérifier la présence dans l'eau de la fluorescéine invisible à l'œil nu.

Fluoroscope ou Fluorescope.

Mon cher Monsieur Van den Broeck,

M. Trillat demande de remplacer le mot *fluoroscope* par celui de *fluorescope*, venant de fluorescéine.

Permettez-moi de vous donner les raisons qui m'ont fait choisir le mot *fluoroscope*.

Le phénomène observé au fluoroscope est dû à une propriété de la fluorescéine; c'est ce que John Herschel appelait la *diffusion épipolique* (ἐπιπολή, surface). Le mot de *fluorescence* a prévalu; il provient de ce que certains cristaux de *fluorine* éclairés, dans la chambre obscure, par des rayons solaires, semblent diffuser en tous sens une lumière variant du violet au bleu verdâtre.

Le mot « fluorescence » est donc comparable au mot « phosphorescence ». Or, l'appareil qui permet d'observer la phosphorescence a été désigné sous le nom de *phosphoroscope* par Ed. Becquerel, et non pas sous le nom de *phosphorescope*.

Le spectre s'examine au *spectroscope* et non au *spectrescope*. N'y a-t-il pas là des raisons suffisantes pour conserver le mot *fluoroscope*, qui a une consonnance agréable et peut-être plus hellénique que celui qu'avait proposé M. Trillat?

Votre bien dévoué,
F. MARBOUTIN.

Note. — Fluor vient de *fluere*, couler; le vrai mot serait donc Fluerescope, en adoptant un mélange gréco-latin qui me paraît peu admissible.

M. *Van den Broeck* annonce que dans une lettre de M. *Ad. Kemna*, celui-ci croit le mot *fluoroscope* préoccupé pour désigner un appareil du physicien Becquerel; cet appareil n'a rien de commun avec les tubes de MM. Trillat et Marboutin (1).

L'Assemblée, unanimement, se prononce en faveur de l'adoption, dans les impressions de notre *Bulletin*, de l'orthographe *fluorescope*, qui est d'ailleurs celle proposée par l'inventeur de l'instrument.

M. le *Secrétaire général* porte ensuite à la connaissance de l'Assemblée la note suivante, qu'il a reçue de M. *Marboutin*.

SUR L'OBSERVATION

DU

TROUBLE DANS LES EAUX DE SOURCES

PAR

FÉLIX MARBOUTIN,

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Chef de la Mission hydrologique du Val-d'Orléans.

Nous pratiquons l'examen de la limpidité des eaux au moyen d'un dispositif très simple, qui peut être mis entre les mains de tous.

Trois tubes en cristal blanc, provenant d'une même coulée et présentant la même coloration sur la tranche, sont obturés à une extrémité au moyen d'un bouchon de caoutchouc *noirci* à la plombagine.

(1) M. F. Marboutin, auquel cette objection a été communiquée, a envoyé des extraits de l'ouvrage de Becquerel démontrant que, contrairement à ce que croyait M. Kemna, l'appareil a été dénommé *phosphorescope*. L'argument de la préoccupation n'est donc pas valable.

Ces tubes ont respectivement 0^m,30, 0^m,60 et 0^m,90 de longueur et 15 à 18 millimètres de diamètre.

On remplit les tubes avec de l'eau à examiner et l'observateur regarde verticalement le fond du tube en cherchant à apercevoir le fond noir.

Les observations indiqueront l'état de l'eau d'après l'échelle suivante :

VISIBILITÉ DU BOUCHON.			ASPECT DE L'EAU.	
Tube de 0 ^m ,90.	Tube de 0 ^m ,60.	Tube de 0 ^m ,30.	Dénomination.	Numéro d'ordre.
Très net.	Très net.	Très net.	Eau claire et limpide.	0
Net.	Id.	Id.	Eau claire.	1
Ombre.	Id.	Id.	Eau très légèrement louche.	2
Invisible.	Id.	Id.	Eau légèrement louche.	3
Id.	Net.	Id.	Louche.	4
Id.	Ombre.	Id.	Très louche ou légèrement louche.	5
Id.	Invisible.	Net.	Trouble.	6
Id.	Id.	Ombre.	Très trouble.	7
Id.	Id.	Invisible.	Extrêmement trouble.	8

Cette échelle arbitraire nous a permis, dans bien des cas, de nous rendre compte de la manière dont l'intensité du trouble se comportait par rapport à d'autres phénomènes.

M. *Van den Broeck* présente ensuite l'appareil pratique que M. *Rahir* et lui ont imaginé pour mesurer le degré de transparence des eaux. Il a fait parvenir la rédaction suivante de sa communication :

E. VAN DEN BROECK et E. RAHIR. — Exhibition d'un tholomètre, nouvel appareil pratique destiné à mesurer le degré de transparence des eaux.

En l'absence de son collègue, M. *Edm. Rahir*, empêché, avec lequel il compte présenter pour les *Mémoires* une description détaillée, accompagnée de figures, de l'instrument inédit qu'il se propose de montrer

à l'Assemblée, M. *Van den Broeck* exprime le regret d'être privé du concours de son dévoué collaborateur. L'état de sa santé lui eût même fait préférer que M. *Rahir* eût pu se charger à sa place de cette présentation.

Il s'agit d'un dispositif basé sur le principe du tube, bien connu, dit de Samuelson, mais plus pratique, perfectionné et franchement portatif. L'appareil, construit, d'après les plans des auteurs, par la maison *Schmidt-Haensch*, de Berlin (représentée à Bruxelles par M. *R. Drosten*, qui aura le monopole de sa vente avec garantie des auteurs), est principalement destiné à fournir la mesure très précise du degré de transparence et de pureté matérielle des eaux.

Comme il s'agit, en somme, de mesurer le trouble de l'eau, les auteurs de l'appareil proposent de baptiser celui-ci du nom de THOLOMÈTRE (du grec *tholos*, trouble, et *metron*, mesure).

Cet instrument consiste essentiellement en un tube de verre d'une homogénéité et d'une limpidité aussi parfaites que possible; il est rigoureusement calibré, d'une longueur d'un peu plus de 1 mètre et d'un diamètre de 3.7 centimètres extérieur.

Le tube est gradué en demi-centimètres, dans sa partie utilisée, soit sur une longueur de 1 mètre.

A l'intérieur du tube, suspendu par un fil *ad hoc*, fixé latéralement et passant, tout en haut du cylindre de verre, sur une petite poulie en relation avec un contrepoids extérieur, se trouve ainsi équilibré — pouvant glisser et se maintenir aisément à toute hauteur dans le tube — un manchon en verre supportant un appareil de visée, évidé dans ses parties périphériques de manière à permettre le facile déplacement de l'eau étudiée dans le tube, quand on rapproche ou qu'on éloigne, à l'aide du fil de suspension, le manchon interne et la mire qu'il supporte.

Cette mire est constituée par un trèfle métallique émaillé à trois feuilles lancéolées et de coloration respectivement blanche, noire et grise.

Un dispositif approprié permet, dans la région du sommet du tube, qui s'utilise en station verticale et s'observe face à la lumière, de faire plonger, dans l'eau à étudier, un cylindre viseur obturé à la base par une rondelle de verre, cylindre au-dessus duquel vient se placer l'œil de l'observateur, dont le regard plonge dans le tube à la recherche des limites de visibilité ou, pour mieux dire, des profondeurs de disparition totale de chacune des feuilles du trèfle.

La description détaillée des diverses parties et organes de l'appareil sera fournie par MM. *Van den Broeck* et *Rahir* dans le mémoire en

préparation. Il suffira d'ajouter à ce qui précède que le degré de transparence d'une eau donnée peut être précisé par l'un ou l'autre ou la combinaison de deux ou même de trois chiffres représentant, à un demi-centimètre près, les distances auxquelles s'éteignent successivement la feuille grise, puis la feuille noire et enfin, parfois aussi, dans des eaux très troubles, la feuille blanche du trèfle émaillé servant de visée.

D'autres éléments complémentaires de l'appareil de visée sont à l'étude, notamment le ruban de platine, de 1 millimètre de large, qui, dans certains appareils américains, sert également de base d'appréciation pour le degré de transparence des eaux. Il se peut que, dans sa forme définitive, qui n'est pas encore fixée, le tholomètre de MM. Van den Broeck et Rahir comporte divers éléments de visée, autres que le trèfle tricolore auquel, après des recherches prolongées, les auteurs de l'appareil se sont actuellement arrêtés.

Il est intéressant de constater que, grâce à l'excellence des produits employés et notamment par suite de la parfaite limpidité du verre constituant le tube gradué, il se fait que l'appareil réalise en même temps un *fluorescope très sensible*, qui semble pouvoir lutter avantageusement avec le dispositif Trillat-Marboutin.

Ce point de vue réclame une phase d'expérimentation supplémentaire, qui, peut-être, pourrait du même coup conduire à obtenir également une appréciation précise du degré, sinon de dichroïsme, du moins de coloration des eaux teintées de fluorescéine.

Pour observer, il faut utiliser autant que possible un endroit suffisamment découvert, ou non planté, surtout d'arbres, et recevant une quantité suffisante de lumière diffuse. Il faut éviter l'ombre intense, de même que les rayons solaires, mais assurément une précision plus grande encore ne peut manquer d'être obtenue en laboratoire éclairé par une lumière vive et d'intensité constante, pouvant constituer un étalon fixe. Cependant les expériences qui ont été faites récemment à l'aide du tube exhibé en séance ont montré que, soit des observateurs ayant des vues très différentes, soit des intensités diverses d'éclairage ne passant pas à des limites extrêmes, n'ont guère d'effets sensibles sur la lecture des chiffres indiquant le degré de transparence des eaux étudiées.

Le poids du tholomètre complètement monté et prêt pour l'observation ne dépasse pas 1 400 grammes, ce qui le rend réellement pratique et portable, surtout quand on le compare au lourd et encombrant dispositif Samuelson, appareil strictement fixe et de laboratoire, exigeant le concours d'un aide pour l'obtention de ses résultats, dont la précision

est certainement atteinte par le nouveau dispositif de MM. Van den Broeck et Rahir.

Cet appareil fait l'objet de quelques objections présentées par certains membres, notamment au sujet de la couleur à donner au petit dispositif utilisé comme base de perception et à propos de l'équation personnelle constituée par l'œil de l'examineur.

M. *Van den Broeck*, qui a tenu compte de chacune d'elles, les rencontre successivement et fait connaître les raisons sur lesquelles M. *Rahir* et lui se sont appuyés en cette circonstance. Les expériences faites permettent, comme il a été dit plus haut, de considérer comme très accessoire l'équation personnelle et les qualités visuelles de l'observateur, ainsi que l'influence variable de l'éclairage extérieur.

A l'*air libre*, on doit évidemment éviter aussi bien le soleil qu'une ombre très accentuée. Il faut placer l'appareil verticalement, face à la lumière diffuse émanant d'un espace libre suffisamment développé, et dans ces conditions, on peut constater que si l'on est à même d'éviter l'action directe des rayons solaires aussi bien qu'une certaine obscurité en région d'ombre, les lectures successives, faites par des observateurs différents, ayant des vues très diverses, et réalisées avec des intensités d'éclairage différentes, donneront lieu à une *très remarquable concordance de résultats* dans l'obtention des mesures, chiffrés en demi-centimètres sur le tube de l'appareil.

Pour ce qui concerne les couleurs adoptées par MM. Rahir et Van den Broeck pour le trèfle émaillé servant de visée (noir, blanc et gris, respectivement pour chaque feuille du trèfle), c'est après de multiples essais avec des couleurs et nuances diverses qu'elles ont été adoptées, et il est à remarquer que ce sont des teintes fixes, faciles à obtenir partout, rigoureusement identiques à elles-mêmes, et d'entre toutes, ce sont celles qui ont donné les résultats les plus avantageux. La disparition dans l'eau trouble affecte successivement le gris (très rapidement devenu invisible à faible distance), puis le noir et enfin le blanc, qui reste très persistant, même au travers des eaux fort troubles.

Ce qui est intéressant à rappeler, c'est que le tholomètre peut en même temps servir de fluorescope très sensible, à peu près équivalent, à ce point de vue, au dispositif Trillat-Marboutin.

La description détaillée de l'appareil sera fournie, avec figures à l'appui, pour les *Mémoires*, aussitôt qu'après un complément d'expériences et d'essais nouveaux la constitution définitive de certains détails de l'instrument pourra être établie et les instructions données au constructeur.

Le prix de l'instrument sera alors établi dans des conditions d'autant plus favorables que les auteurs, désireux avant tout de rendre service à la Science, ont décidé de faire abandon de tous leurs droits en ce qui concerne la vente des appareils.

L'Assemblée est unanime à féliciter les inventeurs de cet intéressant instrument, qui paraît appelé à rendre de très sérieux services dans l'intéressant problème de l'appréciation méthodique et de la comparaison du degré de transparence.

BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA

AVANCEMENT DE L'OEUVRE ET REFERENDUM

AU SUJET DU MODE DE PUBLICATION

PAR

M. MOURLON

M. Mourlon prie ses collègues de la Société belge de Géologie de vouloir bien agréer l'hommage d'un exemplaire de chacun des derniers tomes parus de la *Bibliographia geologica*, comprenant :

1° Pour la série A (travaux antérieurs à 1896), le tome V, paru en 1902, ainsi que les tomes VI et VII de 1903;

2° Pour la série B (ou de la bibliographie courante), le tome V de 1902, en attendant le tome VI de 1903, qui est à l'impression.

Depuis la publication, dans notre tome XVI, 1902, de sa note intitulée : *Quelques mots au sujet de la présentation de nouveaux tomes de la Bibliographia geologica et du projet de M. Kilian sur la création d'une agence de bibliographie géologique*, la Société s'est occupée de la question bibliographique. C'est ce qui engage M. Mourlon à solliciter de ses collègues la reproduction dans notre *Bulletin* de la préface ci-après du dernier tome qui vient de paraître :

« Depuis l'apparition du tome VI de la série A, qui a précédé immédiatement le présent tome de la même série, j'ai été amené à publier dans les *Annales de la Société géologique de Belgique* (t. XXX, Bibl. 1903) une note qui intéresse tout spécialement notre publication et qui est intitulée : *Referendum bibliographique, précédé de l'exposé des principaux résultats scientifiques et économiques du Service géologique de Belgique*. Elle résulte d'un échange de vues, au sujet du mode de publication de

notre *Répertoire universel des sciences géologiques*, qui a eu lieu l'an dernier, à la séance du 17 juin de la Société belge de Géologie.

» Les développements donnés à cet échange de vues dans le tome XVI (1902) qui vient seulement de paraître, aboutissent à réclamer la faculté de souscrire, non pas seulement aux volumes de la *Bibliographia geologica*, mais à des parties spéciales de celle-ci, à délivrer sous la forme de fiches imprimées.

» Il est certain que ce serait le mode le plus pratique si l'on pouvait espérer, tout en conservant les souscripteurs aux volumes, en obtenir pour les fiches spéciales un nombre suffisant pour justifier les sacrifices importants que réclamerait ce nouveau mode de publication.

» C'est ce qui m'a engagé à rédiger le *Referendum* en question, afin qu'on pût s'assurer si l'indifférence qui, naguère encore, semblait être le principal obstacle au développement de l'œuvre bibliographique entreprise, s'est transformée au point de laisser espérer un certain nombre d'adhérents aux fiches spéciales.

» Pour ce qui est du prix auquel pourrait être livrée la fiche imprimée, il ne m'a été possible de l'annoncer autrement que comme ne devant pas dépasser *cinq centimes*. Toutefois, il est à supposer que lorsque l'on pourra être fixé sur le prix de revient et sur les moyens pratiques de réaliser ce nouveau mode de publication par fiches, il sera possible d'établir un *tarif différentiel* suivant le nombre de fiches souscrites.

» On ne peut cependant s'empêcher de faire remarquer combien il serait regrettable, sous prétexte de réaliser un progrès, de compromettre la bonne marche, si pas l'existence même, de l'œuvre bibliographique si laborieusement échafaudée.

» En attendant, nous pourrions toujours, le cas échéant, fournir les fiches qui nous seraient réclamées, en faisant recopier celles, imprimées ou manuscrites, de notre *Répertoire*, comme je l'annonçais déjà dans la préface du tome V de la série B.

» Et sans rien vouloir préjuger des résultats de notre *Referendum*, il ne sera peut-être pas inutile de reproduire ci-après les considérations qui le terminent :

» Je crois devoir insister auprès de ceux de nos collègues qui apprécient la grande utilité de pouvoir bénéficier de la publication d'un *Répertoire universel des sciences géologiques* et d'assurer son avenir, pour qu'ils agissent, à leur tour, auprès des Instituts géologiques avec lesquels ils sont le plus directement en relation, à l'effet de les faire s'inscrire, s'ils ne le sont déjà, parmi les souscripteurs de la *Bibliographia geologica*.

» Ils contribueront ainsi, quelles que soient les destinées que nous réserve l'avenir, à ne plus laisser subsister le moindre doute quant à la bonne marche et à la continuité de l'œuvre.

» Celle-ci, favorisée surtout par nos souscripteurs à l'étranger, et encouragée en haut lieu, comme je suis heureux de pouvoir constater que c'est encore le cas de la part du chef actuel de notre Département, M. le Ministre Francotte, semble avoir triomphé maintenant de l'indifférence, voire même parfois de l'hostilité inséparable, semble-t-il, de toute tentative de progrès, pour ne plus donner prise qu'à des critiques amicales, comme les appelle l'auteur de celles qui ont provoqué le présent *Referendum*. »

La lecture de la communication précédente suggère à M. *Van den Broeck* quelques réflexions dont il a fait parvenir la rédaction suivante :

LE REFERENDUM

SUR LE

MODE DE PUBLICATION

de la *Bibliographia geologica*

NOTE CRITIQUE

PAR

E. VAN DEN BROECK

Lorsque, à la séance du 17 juin 1902, j'ai présenté à l'assemblée certaines critiques au sujet du mode de publication actuel, exclusivement en volumes, de la *Bibliographia geologica*, éditée par les soins du Service géologique de Belgique, j'avais conscience de faire œuvre utile en montrant combien il est fâcheux que la grande majorité des travailleurs se trouve absolument empêchée, vu l'élévation des frais d'abonnement aux trois volumes dont l'apparition périodique annuelle est annoncée comme devant être la règle, de profiter des précieux avantages de cette œuvre si utile.

Tous ceux qui ont essayé, comme moi et bien d'autres, de se servir *pratiquement* des volumes, ont dû reconnaître, cela n'est plus discutable, que ce système est matériellement inapplicable, surtout d'une façon courante. Si l'on ne veut pas fâcheusement se priver des brillants avantages de l'œuvre éditée sous la direction de notre distingué confrère M. Mourlon, et exécutée avec tant de conscience et de talent

technique par son adjoint M. G. Simoens, il faut donc se résigner à faire découper les indications du volume, judicieusement imprimées à cet effet sur le recto des pages seulement, et les faire coller sur fiches rigides pour les classer méthodiquement, — ce qui n'est pas une mince besogne, — à les trier ensuite soigneusement et enfin à en séparer les éléments directement utilisables suivant la spécialité et la nature, variables, des recherches et des travaux de chacun.

J'ai montré que la série des volumes de la série A ou *rétrospective*, ainsi transformée en fiches, coûtera à l'abonné, après un certain temps, la somme d'environ *deux mille francs* et qu'annuellement chaque volume de la série B ou *courante* donnera lieu, transformé en fiches, à une dépense supplémentaire de *trente francs*, doublée naturellement lorsqu'il paraîtra deux volumes par an de cette série (4).

A raison de trois volumes annuels paraissant pour l'ensemble de l'œuvre et représentant chacun *huit* francs d'acquisition, ou d'abonnement, et *trente* francs d'appropriation, cela constitue une dépense annuelle de 38×3 , soit de CENT QUATORZE FRANCS pour l'abonné désireux d'utiliser rationnellement et pratiquement les volumes de la *Bibliographia geologica*.

Or, si l'on songe à la spécialisation actuelle, et sans cesse croissante, des recherches et des études, et aux limites relativement étroites du domaine scientifique exploré par la plupart des travailleurs, on conviendra sans peine que de pareilles dépenses, qui sont, bien entendu, *un véritable devoir* pour les institutions : Musées, Bibliothèques et Sociétés scientifiques, ne sont plus conciliables, non seulement avec les ressources pécuniaires, relativement restreintes, de la grande majorité des travailleurs isolés, mais encore avec la proportion de documents qu'ils sont à même d'utiliser parmi cette quantité de titres bibliographiques des séries rétrospectives et courantes, qu'ils auront annuellement à faire transformer en fiches, s'ils veulent en faire quelque usage pratique et sérieux.

Comme je l'annonçais, ils y renonceront, cesseront leur dispendieux abonnement aux volumes, et l'œuvre se verra ainsi, en peu d'années, privée d'une partie de ses chaudes et déjà nombreuses adhésions individuelles du début.

Pour remédier à ces inconvénients, j'avais proposé que, à l'instar de ce qui se fait au *Concilium bibliographicum* de Zurich, on se décidât à

(4) A raison d'un seul volume par an de la série B, contenant seulement 3 000 titres, il est impossible de fournir l'ensemble de la bibliographie géologique annuelle courante. Cela n'est pas contestable.

publier, mais parallèlement aux volumes, conservés en vue des institutions scientifiques, — abonnés obligés à l'ensemble de l'œuvre, — des FICHES IMPRIMÉES ISOLÉES, pouvant donner lieu à des *abonnements partiels* de toute espèce.

Rappelons ce que je disais à ce sujet, le 17 juin, au chapitre de mon étude dans lequel j'examinais « les moyens à employer pour faire répondre aux desiderata de M. Kilian l'œuvre belge de la *Bibliographia geologica universalis*.

Après avoir montré que le poids et l'aggravation annuelle des charges qu'impose, aux abonnés à titre personnel et individuel, l'acquisition de la double série de volumes de l'œuvre, devaient fatalement tendre à rendre de plus en plus difficile le recrutement de nouveaux adhérents et aussi le maintien des abonnements individuels acquis pendant les premières années du fonctionnement, j'ajoutais :

Après une phase transitoire qui paraît s'annoncer déjà, phase appelée à se caractériser par le développement du système hybride des *fiches* dites *recopiées*, il faudra bien ou abandonner la partie, ou adopter franchement le système des *fiches imprimées*.

Or, est-il possible, tout en maintenant les bases d'organisation actuelles et même, s'il le faut, la publication en volumes, de s'assurer pratiquement, dès aujourd'hui, les avantages précieux du système des fiches imprimées? Absolument oui. Il suffit simplement, sur les cinq cents volumes dont se compose l'édition de chaque tome, d'en faire *découper d'office*, dès leur apparition, un certain nombre (chiffre à examiner : 100, 200 ou 300) et de ranger en boîtes ou en tiroirs à casiers *ad hoc*, les petites et minces découpures ainsi formées, qui, bien entendu, resteraient *encore non collées* sur fiches rigides et réduites donc, par rognage intensif et découpeure du livre, à l'état de simples petites étiquettes sur papier mince. Un volume ainsi découpé prend *infinitement moins de place* que le livre initial, et ceci répond donc péremptoirement au reproche d'*engorgement* que faisait M. Mourlon au système des fiches imprimées. Un minimum justifié de ces documents, variable suivant les besoins croissants de la demande, *serait collé chaque année sur fiches rigides* et servirait à satisfaire aux demandes courantes. Tout cela assure, il faut le remarquer, un minimum de dépenses et de nécessités d'emplacement.

Plus tard, lorsque le nombre des abonnés et acheteurs aux multiples séries de fiches augmentera et que l'institution fonctionnera en pleine voie de succès et de clientèle étendue, comme celle de Zurich, alors successivement on collerait sur fiches rigides *un plus grand nombre de spécimens de titres* pris dans les stocks des volumes découpés; ensuite le nombre de ces volumes à découper augmenterait lui-même insensiblement jusqu'au

moment où l'on se trouvera amené, avec l'accroissement des ressources, à adopter franchement et complètement la publication faite *exclusivement sous forme de fiches*.

Il est à remarquer que cette très simple transformation, facilitée par l'excellente idée que M. Mourlon a eue, dès le début, de ne faire imprimer les pages du volume qu'au recto, et ensuite d'employer du papier très mince pour un certain nombre de volumes, pourra s'appliquer *progressivement* à tout le stock jusqu'ici publié.

Il va de soi que la réorganisation et la mise au point des services de collaborateurs, d'auxiliaires et d'employés doivent forcément suivre cette transformation graduelle et qu'*enfin il devra être largement porté à la connaissance des intéressés dans toutes les parties du monde* où sont cultivées les sciences géologiques, qu'on pourra à l'avenir trouver, à Bruxelles, à l'office de la *Bibliographia geologica*, ainsi transformée et rendue réellement pratique, les mêmes avantages que ceux que les zoologistes et les paléontologues trouvent dans le service des fiches imprimées qui leur est fait par le *Concilium* de Zurich.

Plus loin, dans ma réplique à M. Simoens, je disais encore :

Quoi qu'il en soit, l'intéressant souscripteur à *titre personnel*, n'ayant, dans l'organisation actuelle de l'œuvre bruxelloise, pas d'autre alternative que l'abonnement dispendieux aux volumes, s'écartera de plus en plus de ceux-ci, si le remède indiqué par M. Van den Broeck n'est pas promptement appliqué. Telle est la pierre angulaire de tout l'édifice de la critique ici exposée. Basée sur des principes rationnels et excellents, élaborée avec méthode et précision, l'œuvre actuelle de la Bibliographie géologique contient en elle-même un germe fatal, qu'il faut extirper au plus tôt. Tant que la Bibliographie ne sera accessible qu'en volumes et que ses précieux éléments constitutifs ne seront pas distribuables largement et à bon marché, sous forme de fiches spécialement choisies et requises d'après les besoins réels du souscripteur à titre personnel, c'est-à-dire du spécialiste, du travailleur isolé, et tant que celui-ci enfin, faute de cet avantage capital, sera astreint à des dépenses sans cesse accumulées, sans grand profit direct pour lui, on ne peut être rassuré sur le sort final de la Bibliographie géologique. Elle marchera en effet, à coup sûr, dans la voie d'une rapide diminution dans le revenu de ses abonnements à titre personnel et le but précieux d'être avant tout utile *aux travailleurs isolés* restera non atteint. Cette situation justifie largement l'exposé critique de M. Van den Broeck.

Enfin, je terminais mon étude comme suit :

On ne peut que regretter, d'accord avec M. Simoens, le patronage moral donné par une haute et éminente institution, telle que la *Royal*

Society, au Comité spécial de bibliographie fondé sous ses auspices et qui a si mal compris les intérêts de la Science en faisant table rase des précieux enseignements et du fruit de l'expérience de tant de spécialistes du monde entier, unis pour proclamer les incomparables avantages de tout système de publication qui conduit directement (comme le système du *Concilium*) ou indirectement (comme celui de la *Bibliographie géologique bruxelloise*) à l'utilisation de la *fiche libre*. Un temps viendra, qui n'est pas éloigné peut-être, où la *Royal Society* de Londres, mieux avisée et instruite par l'expérience malheureuse de son Comité spécial bibliographique, regrettera amèrement d'avoir été indirectement cause d'un véritable recul dans le progrès de la science bibliographique et du retard qu'éprouveront toutes les sciences en général à posséder le précieux outil d'une bibliographie rationnelle et vraiment pratique.

On est heureux toutefois de songer que, grâce à l'œuvre bruxelloise de la *Bibliographie géologique*, les géologues tout au moins n'auront pas à souffrir de cette situation, si, bien entendu, notre Institut bruxellois veut bien entrer résolument dans la voie des *modifications d'ordre matériel* qu'a préconisée M. Van den Broeck et dont l'absolue nécessité constitue la justification de ses amicales critiques.

Après l'exposé de celles-ci, le moyen terme proposé par M. Van den Broeck pour la modification de l'œuvre bruxelloise, consiste en une sorte d'évolution des conditions d'édition actuelles de la *Bibliographia geologica*, dont *une partie des volumes* serait transformée en fiches, au fur et à mesure des besoins et demandes de l'abonnement aux fiches imprimées ainsi obtenues. Ce moyen terme paraît accepté en principe par M. Simoens comme un essai pouvant être utilement tenté, et il est même tellement admis par M. Simoens que ce dernier, comme suite à la proposition de M. Van den Broeck, va plus loin encore dans cette voie, tendant à transformer directement le contenu des volumes bruxellois en fiches. On a vu, en effet, que M. Simoens (p. 425) soumet à la discussion une transformation plus radicale encore, consistant, « au lieu d'imprimer les » titres en feuilles sur le papier qui ordinairement sert à l'impression, à » les imprimer directement sur du papier à fiches non découpé ». L'auteur fournit, page 426, l'aspect d'une page de volume, ainsi comprise, et il va sans dire que ce projet mérite l'examen le plus bienveillant. Le directeur de l'œuvre, M. Mourlon, pensera certainement de même. C'est tout ce que demandait M. Van den Broeck, qui comprend parfaitement qu'on ne peut révolutionner — surtout sans capitaux à l'appui, ou sans majoration corrélative de subvention — une œuvre aussi délicate et aussi compliquée que celle de la *Bibliographia geologica*.

En résumé, j'invitais, après l'exposé de mes amicales critiques, la direction de la *Bibliographia geologica* à entrer dans la voie d'un

REFERENDUM, destiné à prendre l'avis des travailleurs et qui, tout en laissant intact, pour le moment, le principe de la publication des titres réunis en volumes, demanderait l'avis des intéressés pour ce qui concerne leurs intentions éventuelles, si l'on se décidait à entrer dans la voie de la publication et tout au moins de l'abonnement partiel à des séries de fiches imprimées, soit extraites par découpage des volumes et fournies collées sur cartons, soit directement imprimées sur fiches libres, comme M. Simoens lui-même en entrevoyait déjà la possibilité.

Ces prémisses étant posées, on peut comprendre avec quelle sincère satisfaction j'ai vu notre collègue M. Mourlon présenter à nos deux Sociétés géologiques un exposé intitulé, spécialement comme celui de Liège : REFERENDUM BIBLIOGRAPHIQUE (1).

J'ai toutefois le regret d'ajouter que ma satisfaction a été de courte durée, car ayant parcouru avec soin la brochure de douze pages qui constitue ce document, extrait des *Annales* de notre consœur liégeoise, et qui a été envoyé, en guise de *referendum* répondant à mes vœux du 17 juin 1902, à tous les géologues, paléontologues, etc., qu'il y avait lieu, dans le monde entier, de consulter sous la forme de Referendum, j'y ai vainement cherché ce que j'espérais et ce que je comptais y trouver.

Les douze pages de cette brochure, intitulée : *Referendum bibliographique*, sont, en effet, malgré le sous-titre de *Referendum* attribué aux quatre dernières pages et à l'exception de *six lignes* constituant réellement le *Referendum* annoncé, uniquement et strictement consacrées à un exposé, fort intéressant d'ailleurs, des résultats scientifiques et économiques du Service géologique belge. Et ce sont ces *six lignes*, perdues vers la fin de ce dernier exposé, qui forment tout le REFERENDUM sur lequel paraît vouloir compter M. Mourlon, pour décider les travailleurs à s'inscrire pour des abonnements partiels aux fiches libres imprimées pouvant éventuellement être éditées par le Service belge.

Ces six lignes sont précédées du texte introductif ci-après, montrant bien que la Direction du Service géologique belge se fait de grandes illusions sur la portée qu'elle pense que les destinataires et lecteurs de sa brochure attacheront à un appel formulé dans ces conditions.

M. Mourlon dit, après avoir, il est vrai, rappelé les critiques dont je me suis fait l'organe à la séance du 16 juin dernier :

(1) REFERENDUM BIBLIOGRAPHIQUE, précédé de l'*Exposé des principaux résultats scientifiques et économiques du Service géologique de Belgique*, par M. MOURLON. Directeur du Service géologique. — (*Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XXX, BIBLIOGRAPHIE.)

Nous sommes tout disposés à étudier les mesures à prendre pour réaliser les modifications énoncées par M. Van den Broeck, mais il semble prudent, avant de faire des propositions pour être autorisé à entrer dans cette voie, de se rendre compte si la réforme réclamée répond à un besoin réel, et si le nombre de souscripteurs justifierait, le cas échéant, les sacrifices qu'elle doit entraîner.

A cet effet, je ne crois pouvoir mieux faire que de saisir l'occasion qui s'offre au Service, de réclamer de nos collègues géologues en tous pays une consultation par le présent *Referendum*, à l'effet d'être fixé, ne fût-ce qu'approximativement, sur le point en litige.

Voici maintenant, dans toute sa simplicité, le texte du *Referendum* lui-même, qui vient immédiatement après :

Le prix de la fiche imprimée ne devant pas dépasser cinq centimes, nous prions donc ceux de nos collègues qui en auraient l'usage, de vouloir bien, avant la date du Congrès de Vienne, en août prochain, nous renseigner au secrétariat du Service, rue Latérale, 2, à Bruxelles, le nombre et la nature des fiches auxquelles ils désirent souscrire.

Ceci dit sans plus, car les trois paragraphes suivants, qui clôturent le texte de la Note, se bornent à réclamer, avec raison d'ailleurs, le concours des Institutions scientifiques, des Musées, Sociétés et Bibliothèques, qui sont à même, sans difficulté, de continuer et d'assurer leur indispensable concours à l'œuvre, sous forme de souscription globale aux *volumes* des deux séries A et B.

Il semble bien difficile d'admettre que les six lignes qui précèdent puissent constituer, dans la pensée de l'honorable Directeur du Service, le texte du *Referendum* réclamé par moi et dont les réponses, suivant lui, doivent lui permettre « de se rendre compte si la réforme réclamée répond à un besoin réel et si le *nombre des souscripteurs* justifierait, le cas échéant, les sacrifices qu'elle doit entraîner ».

Il semble plus difficile encore de considérer cette phrase incidente de six lignes, perdue dans une brochure ayant un tout autre but, comme une réelle et efficace « consultation » pouvant attirer l'attention « des collègues géologues de tous pays » et, enfin, d'admettre que sur un énoncé aussi vague, aussi peu encourageant, — qui se borne à déclarer que le prix de la fiche isolée ne dépassera pas *cinq centimes*, — les travailleurs dont le concours est réclamé se décideront à faire connaître d'avance « le nombre et la valeur des fiches auxquelles ils désirent souscrire ».

Si par des cartes d'accusé de réception et de remerciements et par des *retours postaux* dus à des erreurs d'adresse ou causés par des décès,

et erronément dirigés au Secrétariat de notre Société, en lieu et place des bureaux du Service, je n'avais eu sous les yeux la preuve matérielle que le document signalé ci-dessus constitue bien le texte du *Referendum* tel que l'entend l'honorable Directeur du Service, je me serais refusé à admettre pareille supposition.

Bien entendu, les explications complémentaires dont il vient de nous être donné lecture, au nom de M. Mourlon, et qui reproduisent une phrase extraite de la préface du dernier volume paru de la *Bibliographia geologica*, n'ont point fait partie du *Referendum* lancé dans le monde scientifique, alors que ladite phrase eût dû paraître *spécialement soulignée* dans le texte, non pas d'une brochure dont un alinéa presque incident constitue, en réalité, le *Referendum*, mais d'un appel spécial et exclusivement consacré à cet important objet.

Cette phrase est la suivante :

« Pour ce qui est du prix auquel pourrait être livrée la fiche imprimée, il ne m'a pas été possible de l'annoncer autrement que comme ne devant pas dépasser *cinq centimes*. Toutefois, il est à supposer que lorsque l'on pourra être fixé sur le prix de revient et sur les moyens pratiques de réaliser ce nouveau mode de publication par fiches, il sera possible d'établir un *tarif différentiel* suivant le nombre de fiches souscrites. »

Le TARIF DIFFÉRENTIEL, voilà la clef du succès d'un tel *Referendum* et aussi de la *possibilité matérielle d'exécution de l'entreprise*. Voilà ce qui aurait dû constituer l'élément principal des considérations soulevées par le *Referendum*, et sans cet élément essentiel de vitalité, on peut dire d'avance que, tel qu'il a été formulé, celui-ci est *mort-né*, condamné d'avance et N'ABOUTIRA ABSOLUMENT A RIEN.

Je m'explique :

Prenons le cas le plus favorable : celui où la lecture de la brochure de M. Mourlon aura attiré l'attention du lecteur sur les avantages éventuels d'un abonnement à des fiches imprimées en série limitée et déterminée d'avance, soit comme nombre, soit comme sujet d'étude et de recherches.

Ce lecteur sera, soit un modeste spécialiste, confiné dans un étroit domaine scientifique, soit un travailleur, professeur ou autre, ayant à embrasser et à explorer des horizons scientifiques étendus et variés réclamés soit par les besoins de son enseignement, soit par ceux de ses propres travaux.

Dans le premier cas, le lecteur se dira : Évidemment, ce serait folie que de prendre un coûteux abonnement aux volumes des deux séries A

et B, ou même de l'une d'elles, car sur 5 000 fiches que contient un volume, il en est à peine 100 (mettons même 200 ou 500) qui peuvent spécialement m'intéresser. « *Cent fiches* utiles pour mes travaux, payées à raison de *cinq centimes*, c'est cinq francs; 2 ou 500 fiches, c'est à la rigueur 10 ou 15 francs; le tout pouvant respectivement se réduire à 4, 8 ou 12 francs, si le Service parvient à assurer le prix de la fiche à *quatre centimes*.

» La dépense n'est pas forte; l'utilité des fiches est évidente : sous-
CRIVONS. »

Et cette catégorie de travailleurs fournira certainement un certain nombre de minimas souscriptions, soit annuelles, soit à forfait, pour une ou pour quelques centaines de fiches consacrées à un sujet déterminé.

Voilà qui est fort bien, semble-t-il; mais sont-ce des souscriptions de cette catégorie qui permettront de réaliser *les fortes recettes* nécessaires pour pouvoir assurer la publication et l'abonnement, sous forme de fiches libres imprimées? Assurément non! Il faut s'adresser pour cela aux travailleurs de l'autre catégorie, à ceux qui pourront utilement réclamer pour leurs recherches, pour l'étude de leurs collections, pour l'élaboration de leurs travaux étendus et variés, le tiers, le quart, *le cinquième*, si l'on veut, descendons même jusqu'au *dixième* des 9 000 fiches représentant les trois volumes annuels annoncés. Mais cela correspond à 6 000, 2 250, 1 800 et 900 fiches. Or, à cinq centimes, cela ferait une dépense annuelle respectivement de 300, de 122.50, de 90 et enfin de 45 francs.

Comme l'abonnement aux volumes, à raison de trois volumes par an, transformés, par découpage et collage sur cartons, en fiches, soit 9 000 fiches, revient, on le sait, à 114 francs au particulier (1), il en résulte qu'à ce prix élevé de *cinq centimes la fiche*, le travailleur pouvant utiliser au moins le *quart* des fiches d'un volume donné, serait constitué en perte — bien loin d'être en bénéfice — s'il s'abonnait aux fiches plutôt qu'aux volumes, et les nombreux lecteurs du *Referendum* de M. Mourlon qui se trouvent dans ce cas, qui est celui d'un *grand nombre de travailleurs*, ne se donneront même pas la peine de

(1) L'abonnement coûte 8 francs par volume; il n'est pas possible d'obtenir les cartons ou fiches à moins de fr. 2.50 le mille. Les relieurs ou spécialistes réclament en moyenne fr. 7.50 le mille pour le découpage et le collage des titres, et les particuliers ne peuvent espérer obtenir les conditions *exceptionnelles* accordées au Service, qui a pu traiter pour ce poste à raison de 4 francs le mille.

A de telles conditions, la transformation des trois volumes annuels représenterait, encore, tous frais compris, fr. 82.50 au lieu de 114.

fournir une réponse à une question posée dans de telles conditions, exposant un objectif si défavorable à leurs intérêts. En effet, ils paieraient *beaucoup plus cher* pour n'obtenir qu'une *faible partie* du matériel bibliographique publié.

En admettant un abaissement du prix des fiches à *quatre centimes*, les dépenses annuelles s'élèveraient encore respectivement à 240, 90, 72 et 36 francs. Il faudrait donc ne pas avoir à utiliser plus du quart de la production annuelle (3 volumes à 3 000 fiches) pour trouver quelque avantage à l'abonnement aux fiches. En réclamer le quart (2 250 fiches), c'est s'astreindre, même à quatre centimes pièce, à payer presque autant (90 fr.) que pour l'acquisition et la transformation en fiches (114 fr.) des *neuf mille titres* englobés par les trois volumes annuels.

Il résulte de ceci que si les prix de cinq et quatre centimes sont absolument *justifiés* pour le barème à appliquer aux abonnés à quelques centaines de fiches (3 ou 400 au plus), il n'est PAS ADMISSIBLE ou réalisable, pratiquement, de demander plus de *trois* et peut-être même de *deux centimes et demi* dès que la demande s'élève pour atteindre et dépasser un millier de fiches. Le *tarif différentiel* s'impose donc inéluctablement et au premier chef, et c'est cela qu'il EÛT FALLU DIRE NETTEMENT dans le *Referendum* lancé en consultation dans le monde scientifique.

C'était le seul moyen aussi de s'assurer, dès maintenant, de l'appui et de la souscription des gros bataillons de la clientèle des travailleurs à horizons étendus et variés, ayant besoin de références bibliographiques nombreuses sur de multiples sujets.

Mais, répondra M. Mourlon, le Service ne peut, sans imprudence, s'engager dès maintenant à établir, avant de savoir dans quelle mesure il sera secondé par les souscripteurs, un tarif différentiel, impliquant tout d'abord un matériel et des conditions d'impression, une extension des frais généraux, du personnel et d'emménagement, qui le feraient marcher droit à la faillite avec les rentrées et subsides restreints dont il dispose.

D'accord; mais rien n'est plus aisé que d'éviter de tels aléas, tout en lançant dans le public scientifique un *Referendum* efficace, engageant et ayant de sérieuses chances d'aboutir. Qu'on me permette de citer le précédent qui a reçu l'appui moral de la Société belge de Géologie, pour ce qui concerne l'amélioration d'accessibilité du grand public scientifique à l'œuvre de la *Paleontologia universalis*.

Dans cette œuvre, il s'agit également d'une publication onéreuse de

40 francs par an, ne pouvant aboutir qu'après de longues années d'édition et d'abonnement — ruineuses pour le modeste travailleur — à la réunion de matériaux pouvant devenir pratiquement utilisables pour un groupe déterminé de fossiles.

Lorsque j'ai pris l'initiative de faire discuter à la Société belge de Géologie (1) les perfectionnements qu'il me paraissait possible d'apporter au projet primitif des fiches illustrées, je n'ai pas tardé, ainsi que mes collègues ayant pris part à la discussion, à obtenir la vive satisfaction de voir adopter par le Comité international la majeure partie, pour ne pas dire la totalité, des améliorations proposées par nous. Mais il y avait encore mieux à faire pour assurer le caractère utilitaire de l'œuvre et sa diffusion dans le monde scientifique.

C'est ce qui a motivé de ma part, environ un an après, la proposition ci-dessous, que je prends la liberté de reproduire ici intégralement, parce qu'elle trouve merveilleusement son application dans le cas actuel des fiches de la Bibliographie géologique. Ma note d'avril 1903 était intitulée : *Paleontologia universalis : Quelques considérations au sujet des conditions d'abonnement*, et sa première partie disait ceci :

M. Van den Broeck exprime tout d'abord sa satisfaction de voir que les améliorations proposées par la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie dans la disposition des fiches ont été, généralement toutes, adoptées par le Comité organisateur.

Il rappelle que l'œuvre a pour but de publier chaque année 80 espèces en 160 fiches, au prix de 40 francs l'abonnement.

Ce prix est assez élevé, du moins comme charge annuelle pour les abonnés à titre personnel et, à cet effet, il a cru pouvoir présenter quelques observations à M. OEhlert. Il est persuadé que pour obtenir un grand nombre de souscriptions, il faut organiser des abonnements *par séries*, bien que rien n'empêche évidemment plusieurs personnes de se concerter pour répartir entre elles un abonnement global.

Les abonnements partiels seraient, bien entendu, servis et liquidés sans aucune périodicité régulière de temps, c'est-à-dire qu'ils n'auraient nullement le caractère des envois et versements *annuels* de l'abonnement global; ces abonnements coûteraient 25 francs (au lieu de 20) ou même fr. 42.50 (au lieu de 40) respectivement pour des lots de 40 et 20 espèces,

(1) Question mise à l'ordre du jour : Discussion relative à l'œuvre internationale de *Paleontologia universalis*. Examen des fiches d'essai de M. OEhlert et des desiderata de M. Kilian. Exposé préliminaire par M. E. Van den Broeck et *discussion*. — *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVI, 1902. Procès-verbaux des séances, pp. 64-67 (séance du 18 février 1902).

formés chacun de 80 et 40 fiches. Ils seraient à base soit stratigraphique, soit zoologique; c'est-à-dire qu'il faudrait autoriser les demandes de séries de fiches se rapportant, par exemple, à tout l'ensemble ou à un groupe déterminé de la faune ou de la flore de tel ou tel terrain, en même temps qu'on accepterait des abonnements ayant pour but de réunir, par exemple, les Poissons ou les Mollusques ou les Foraminifères de tel ou tel groupe de terrains, aussi bien que de l'ensemble des formations sédimentaires.

La légère majoration de prix sus-indiquée, et qui sera occasionnée par la complication d'écritures et de travail du bureau d'expédition, ainsi que par la majoration de frais de multiples ports partiels (1), pourrait éventuellement être réduite par l'engagement que prendraient les acquéreurs de s'inscrire d'avance pour des séries appelées à prendre ultérieurement une certaine importance. (Engagement d'acquisition à période indéterminée, mais s'étendant à 100, 200 ou 500 fiches totalisées.)

Telle qu'elle est actuellement proposée, la publication est franchement coûteuse pour le particulier et pour le modeste travailleur, par le fait même qu'elle englobe dans son essence tout l'ensemble, si étendu et si complexe, de la Paléontologie. Les travailleurs spécialistes, qui sont légion, désireront très généralement ne s'abonner que pour *un groupe déterminé* et toujours relativement limité, basé sur l'un ou l'autre des deux éléments précités.

D'aucune façon, les neuf dixièmes d'entre eux ne pourraient devenir des clients pour l'ensemble de l'œuvre, et les tenir à l'écart par la nécessité d'abonnements annuels globaux et complets, c'est perdre de gaité de cœur une source importante de rentrées et diminuer en même temps la portée utilitaire de l'œuvre.

Il n'y aura guère que les Musées, Laboratoires, Instituts, Académies, Bibliothèques et un certain nombre de Sociétés savantes, continue M. Van den Broeck, qui s'engageront, ce qu'ils auront même le devoir de faire, à prendre des abonnements annuels, réguliers et complets. Ce n'est pas l'existence parallèle ou accessoire d'un type d'abonnement partiel, à l'usage des travailleurs spécialistes, qui les fera s'abstenir de la possession, nécessaire dans leurs archives, de l'œuvre COMPLÈTE de la *Paleontologia universalis*. On pourrait même refuser aux institutions de l'espèce la faculté des abonnements partiels, essentiellement destinés à favoriser les travailleurs isolés, les spécialistes.

A défaut de ces souscriptions spéciales, l'ensemble des souscriptions globales probables suffira-t-il pour assurer la vitalité et le bon fonctionnement de l'œuvre? C'est possible; mais le contraire n'aurait rien qui

(1) Les envois ne se feraient que par groupes de 10 ou 20 espèces (20 ou 40 fiches), à moins de conventions spéciales aux frais de l'abonné.

pût étonner. Dès lors, n'est-il pas préférable d'organiser, *dès le début*, les deux types d'abonnement, d'autant plus que certaines mesures pratiques et efficaces pourraient encore être prises pour éviter tout mécompte? Le système du double type d'abonnement dès l'origine fournirait, par les indications tirées du nombre des demandes d'abonnement ainsi comprises, des données sur les nécessités variées du tirage, qui ne peut être le même pour tous les groupes de fiches (1). Savoir approximativement d'avance les quantités proportionnelles des chiffres de tirage est un avantage précieux et évitera des frais de remise en train, de retraitage et de réédition, inévitables si l'on se décidait, après coup, à étendre aux demandes partielles et spécialisées l'abonnement d'abord réservé à l'ensemble de l'œuvre. Quant aux *mesures pratiques* permettant d'éviter des mécomptes, elles consisteraient, d'après les vues de M. Van den Broeck, à admettre, à côté de l'abonnement global et annuel à l'œuvre entière, des abonnements partiels qui seraient *conditionnels*, c'est-à-dire qui ne deviendraient définitifs et exécutables, par le Bureau directeur ou exécutif, qu'à la condition d'avoir pu réunir AU PRÉALABLE le *minimum reconnu nécessaire* d'abonnements fermes globaux et à versements annuels, indispensables pour assurer la marche régulière de la publication.

L'Assemblée, après une courte discussion, admet ces vues de M. Van den Broeck comme favorables à la réalisation de l'œuvre et pense qu'il serait utile qu'elles fussent transmises, simplement à titre d'information, mais avec l'approbation de l'Assemblée, au Comité international de la *Paleontologia universalis*.

Or, cette proposition, prise en considération par M. OEhlert et dont l'opportunité est admise par lui, va être soumise par ses soins et sans doute par ceux du Comité — qui vraisemblablement s'y ralliera, tellement elle est rationnelle et justifiée — aux délibérations du Congrès géologique international de Vienne, auquel je regrette que des circonstances indépendantes de ma volonté et notamment le soin de ma santé ne me permettent pas d'assister pour y défendre personnellement ma thèse.

Déjà il paraît entendu, dans l'esprit de M. OEhlert tout au moins, que les *mesures pratiques* que je propose pour favoriser à la fois l'œuvre

(1) Le tirage à des chiffres différentiels *s'impose*. Il y aura, par exemple, dix ou vingt fois plus d'amateurs pour les fiches des Mollusques que pour celles des Vertébrés supérieurs ou celles concernant les Plantes, etc. Dans le tirage des feuilles de la Carte géologique de Belgique, on a été amené à faire de même : il y a des régions très demandées, d'autres ne provoquant que très peu de demandes, et il a été tenu compte des *probabilités* de l'espèce dans le chiffre du tirage des différentes feuilles de la Carte.

et les souscripteurs, sont parfaitement acceptables, c'est-à-dire que les abonnements PARTIELS que je propose seraient CONDITIONNELS, et ne deviendraient définitifs et réalisables, par le Bureau directeur ou exécutif, qu'à la condition pour celui-ci d'avoir pu réunir AU PRÉALABLE le minimum reconnu nécessaire d'abonnements fermes, globaux et à versements annuels, indispensables pour assurer la marche régulière de la publication.

Tel est précisément le moyen pratique que je sou mets également à la direction de la *Bibliographia geologica* pour lui permettre, sans courir aucun risque, de s'assurer très largement du concours de nombreux et précieux abonnés à des séries de fiches, qui ne seraient livrables, suivant les éléments d'un *tarif différentiel* très favorable, qu'à condition que les rentrées positives et annuelles amenées soit par l'abonnement aux deux volumes, soit par les engagements d'abonnement à forfait et à d'importantes séries annuelles ou bisannuelles de fiches, soient suffisantes pour garantir la bonne marche de l'œuvre.

S'il avait été dans mes attributions d'être appelé à formuler le *Referendum* que j'avais réclamé en faveur de l'Œuvre de la *Bibliographia geologica*, j'aurais établi l'exposé des points suivants comme *condition essentielle* de succès d'un tel appel :

1° Annoncer qu'à côté de l'abonnement actuel aux *volumes* de la *Bibliographia geologica*, paraissant à raison de deux à trois par an, il serait institué, en cas d'accueil favorable dans le monde des travailleurs et des spécialistes, des séries variées d'abonnements à des fiches libres imprimées, dont le prix serait établi d'après un *tarif différentiel*, avantageant *fortement* les demandes importantes ;

2° Signaler que les séries pourront être composées d'après des bases diverses et multiples au gré des abonnés ou souscripteurs. Il y aurait, par exemple, des séries stratigraphiques, paléontologiques, géographiques ou de géologie régionale, monographiques (en vue de groupes zoologiques ou régionaux), des séries pour les sciences appliquées, les phénomènes spéciaux, spécialités minéralogiques, pour la morphologie, la géodynamique interne ou externe, la lithologie, etc. ;

3° Bien préciser que de telles séries de fiches spéciales, sur des sujets donnés relatifs aux travaux, recherches ou collections de l'abonné, seraient servies par paquets de nombre fixe de fiches, réglé par les taxes postales les plus avantageuses aux envois et seraient liquidées, sans aucune périodicité régulière de temps, après l'envoi d'un nombre

de fiches à déterminer d'après l'engagement plus ou moins important du souscripteur.

4° Signaler qu'afin de faire jouir les forts souscripteurs des avantages du barème *minimum* et aussi de s'assurer d'adhésions *fermes* englobant des nombres importants de fiches, on pourrait admettre, semble-t-il, des engagements à *forfait* sans limite de temps : c'est-à-dire laisser le souscripteur s'engager, par exemple, pour 2 000, 4 000 ou 6 000 fiches, à répartir en deux, trois ou quatre exercices et les lui faire obtenir sans délai à des conditions très favorables.

5° Établir un tarif différentiel conçu dans le genre de celui que nous proposons ci-après.

*Souscription à une série de fiches conforme aux desiderata
de l'abonné et comportant :*

		PRIX :
De 1 à 300 fiches	5	centimes la fiche.
De 301 à 500 id.	4	id.
De 501 à 1 000 id.	3	id.
De 1 001 à 2 000 id.	2 ¹ / ₂	id.
De 2 000 fiches et plus	2	id. (1)

6° On pourrait soulever la question de savoir si ces conditions favorables ne devraient pas impliquer *une limite de temps*, tandis que des engagements à *forfait*, sans limite de temps, donneraient lieu par exemple, pour chacune des catégories numériques ci-dessus, à une majoration d'un centime ou d'un demi-centime par fiche.

(1) Ce prix des fiches, tel qu'il est ici proposé, serait encore utilement réduit, car le *Concilium* de Zurich a établi un prix d'abonnement aux fiches bien plus avantageux encore. Si, pour moins de 100 fiches, on paie à Zurich 5 centimes pièce, avec un minimum d'achat de 50 centimes, il existe une diminution continue pour les demandes d'achat ou d'abonnement, progressant par 25, puis 50, puis par 100, par 250, par 500 fiches, et donnant lieu à des prix représentant, par exemple, 4 centimes pièce par 200 fiches, 3 centimes par 500 fiches, 2 ¹/₂ centimes pièce pour des demandes de 750 à 1 000 fiches, 2 centimes par 1 500 à 2 000 fiches, 1 ³/₄ centime pièce pour des demandes de 2 000 à 2 500 fiches, 1 ¹/₂ centime quand la demande s'élève de 2 500 à 3 000 fiches, avec un minimum de 1 ¹/₃ centime quand la demande dépasse 3 000 fiches.

En regard de tels avantages, qui seuls permettent l'extension d'importants abonnements aux fiches, on comprend que le prix unique de *cinq centimes*, qui, pour 3 000 fiches, dans le projet éventuel de M. Mourlon, ferait revenir celles-ci à 150 francs, au lieu de 39 francs avec l'adoption du barème du *Concilium*, n'a rien de pratiquement applicable. Avec un abaissement à 4 et même à 3 centimes, le prix des 3 000 fiches serait encore de 120 et de 90 francs.

Je réclame pour cet exposé des bases d'un *referendum pratique* le bénéfice de l'*improvisation*, c'est-à-dire qu'une rédaction définitive, bien mûrie et justifiée le plus possible dans chacune de ses parties, pourrait peut-être avantageusement remplacer l'exposé sommaire qui précède.

Ce que j'ai voulu, c'est simplement exposer comment il faut entendre le *Referendum* que j'ai proposé dans la discussion du 17 juin 1902 et qui, s'il avait été formulé et lancé dans le monde scientifique dans l'ordre d'idées qui précède, aurait assurément eu un tout autre sort que celui auquel est FATALEMENT condamné celui, si peu explicite et si peu engageant, qu'a lancé M. Mourlon et qui, d'ailleurs, aux yeux de la plupart, restera perdu et ignoré au milieu d'un exposé concernant un objet tout différent.

Le *Referendum* que j'avais réclamé en février 1902 et qu'a pensé mettre sur pied le Directeur du service géologique et de la *Bibliographia geologica* n'est PAS RÉALISÉ.

Il appartient à M. Mourlon, qui sera doublement éclairé par l'exposé qui précède et par les résultats négatifs, *faciles à prévoir*, de l'envoi de sa brochure, de renouveler l'épreuve dans les conditions voulues. En ce faisant, il aura le triple avantage de rencontrer et d'obtenir le concours et les sympathies que ce projet implique, de rendre service à l'œuvre, glorieuse déjà, de la *Bibliographia geologica*, tout en assurant définitivement son avenir, et enfin de mériter la reconnaissance des multiples travailleurs et spécialistes du monde entier pour lesquels l'*abonnement aux volumes* de l'œuvre n'est pas accessible et restera d'usage pour ainsi dire matériellement impossible.

Encore quelques mots au sujet des couches rouges du bassin houiller de la Campine, par M. G. SIMOENS, membre de la Commission de la Carte géologique du Royaume.

A la séance du 16 juin dernier, j'ai déposé sur le bureau de la Société, après l'avoir lue, une communication intitulée : « A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine. » Cette note avait principalement pour but de rencontrer les arguments présentés par M. de Lapparent, qui tendaient indirectement à infirmer les idées exprimées par moi en 1902 et qui consistent, on s'en souvient, à considérer les roches rouges d'Eelen comme appartenant en partie au PERMIEN, ensuite à admettre dans le bassin campinois l'existence d'une stratification ininterrompue pendant la fin des temps primaires. M. de Lapparent disait, en effet, que les roches rouges appartenaient au

Houiller moyen ; il concluait en outre à l'absence du Houiller supérieur en Belgique.

A la suite de cette lecture, M. X. Stainier a exprimé des idées dont il a fait parvenir la rédaction insérée dans le procès-verbal distribué aux membres de la Société. Tout en voyant avec plaisir notre sympathique confrère défendre avec moi des conclusions que j'ai développées à différentes reprises depuis plus d'un an, je lui demanderai néanmoins l'autorisation de relever certains arguments que, malgré toute l'autorité dont jouit, à bon droit, notre savant collègue, je ne puis consentir à admettre.

Dans ses remarquables « Études sur le bassin houiller du Nord de la Belgique », M. Stainier déclare qu'après avoir admis d'abord l'âge triasique des roches rouges, il croit « que l'âge triasique est bien peu probable et que ces roches sont tout au moins PERMIENNES, si pas du Houiller supérieur ». Dans la note qu'il vient de publier, il abandonne cette manière de voir en pensant que « vraisemblablement ces roches sont triasiques », et je ne me serais pas tant ému des avis exprimés par notre confrère s'il n'avait ajouté : « JE CROIS QU'IL NE PEUT PLUS ÊTRE QUESTION DU PERMIEN. »

« Voici, dit M. Stainier, sur quoi je me base. Si les renseignements qui m'ont été fournis sur ce sondage (Biesen Ven) sont exacts, le contact des deux roches se ferait en discordance de stratification, ce qui ne permettrait plus d'attribuer ces roches rouges au Houiller. »

A cela je répons :

1° En principe, si cette stratification discordante existe, elle n'autorise pas à croire que les roches rouges sont plutôt triasiques que houillères ou permienues. C'est un critérium qui, au point de vue de l'âge relatif des roches, n'a pas pour moi la valeur que lui attribue notre confrère, et j'exposerai à ce sujet mes idées dans un travail spécial.

2° En considérant cette stratification discordante comme un caractère permettant de rejeter l'âge houiller des roches rouges, ce ne serait pas une raison pour adopter l'âge triasique plutôt que l'âge PERMIEN ;

3° M. Stainier se charge lui-même de détruire son argumentation. En tournant la page, on peut lire dans sa note ceci : « Les résultats des derniers sondages de la Campine m'engagent à abandonner le caractère de faille-limite étendue que j'avais donné à la limite séparative entre les roches rouges d'Eelen et le terrain houiller. Je persiste cependant à croire, malgré l'avis d'honorables contradicteurs, que cette limite séparative est une faille normale et non un joint de stratification discordante. » Mais si, dans la pensée de M. Stainier, la stratification discor-

dante n'est qu'une faille, il devient impossible de se servir de cette prétendue discordance comme argument pour rejeter soit l'âge houiller soit l'âge permien des roches rouges. M. Stainier dit aussi « qu'on ne peut guère se refuser à attribuer nos roches rouges au Trias, comme on l'a fait avec raison en Westphalie ».

Il eût été plus exact de dire qu'on ne peut se refuser à attribuer ces roches au Trias ou au PERMIEN, comme on l'a fait dans ce pays.

Après avoir comparé la Belgique à la Westphalie et conclu à l'abandon du Permien, notre confrère écrit : « En Westphalie, en effet, on a constaté la présence d'un manteau de roches triasiques et PERMIENNES recouvrant en discordance de stratification le bord Nord du bassin houiller. De plus, on voit, en Westphalie, le Trias et le PERMIEN se superposer en stratification débordante, de façon que le Trias masque souvent l'affleurement du ZECHSTEIN salifère. »

On voit par ces lignes que la comparaison entre les deux implique plutôt l'existence en Belgique du PERMIEN.

Nul ne saurait, dit M. Stainier, se refuser à admettre le bien fondé de l'opinion de M. M. Lohest concernant la nature du gisement salifère de Beeringen. « Avec raison, selon nous, dit-il, M. Lohest considère ce gisement comme une crevasse remplie de roches salifères PERMIENNES ou triasiques. »

Aussi je pense que, précisément pour les raisons que vient de nous fournir M. Stainier, il ne nous est pas possible de suivre notre confrère quand il nous dit « QU'IL NE PEUT PLUS ÊTRE QUESTION DU PERMIEN ».

M. Stainier rappelle qu'« en Westphalie, les gisements importants de sel ont été rencontrés dans les endroits où la surface du Houiller s'enfonçait sous des cuvettes plus épaisses de roches PERMIENNES et triasiques. Or, dit-il, au moins une semblable cuvette s'observe en Belgique : c'est celle à laquelle on a donné le nom de golfe d'Eelen. »

Ce qui précède non seulement ne paraît pas laisser croire QU'IL NE PEUT PLUS ÊTRE QUESTION DU PERMIEN, mais confirme au contraire ce que j'ai dit à ce sujet dans ma note du 22 avril 1902. On peut y lire, en effet, à la page 187 : « Si, au contraire, comme je le crois, le bassin de la Campine ne s'est pas plissé et si la chaîne hercynienne s'est écrasée contre le massif résistant du Brabant, protégeant ainsi le bassin du Nord, il faut naturellement y admettre, pendant toute l'époque permienne et triasique, une sédimentation ininterrompue; dès lors, la partie la plus profonde des roches d'Eelen doit être rattachée à l'époque permienne, et il devient difficile d'admettre la superposition directe du Trias sur le Houiller.

» La position géographique d'Eelen vient confirmer encore ma manière de voir. »

M. Stainier pense que les gisements de sel se trouvent localisés le long d'une ligne parallèle à la direction générale de la Meuse et passant vraisemblablement par les environs d'Eelen.

Je ne puis partager la manière de voir de notre savant collègue. Pour admettre cette ligne de gisements salifères parallèle à la Meuse, il faudrait reconnaître préalablement l'existence à Eelen d'un golfe étroit et parallèle au fleuve. Or, à différentes reprises, je me suis élevé contre cette idée et j'ai expliqué ces golfes par des failles verticales. C'est à cette conception que se rallie maintenant M. Stainier dans la note qu'il vient de publier; aussi je pense que notre confrère sera amené tôt ou tard à modifier sa conception du tracé des roches salifères, celles-ci perdant toute base avec l'abandon de la théorie des golfes profonds et étroits.

En effet, notre collègue rappelle ce que j'avais exposé en détail dans ma dernière note, c'est-à-dire la théorie des golfes étroits et profonds défendue par MM. Forir et Habets, et M. Stainier s'efforce de la réfuter. Mais notre confrère semble avoir perdu totalement de vue que je me suis chargé à différentes reprises de rencontrer cette opinion en invoquant, précisément comme il le fait aujourd'hui, la théorie des failles verticales, et cela pour la raison bien simple que les vues de notre confrère liégeois ne cadrent pas avec les idées que j'ai développées au sujet de la constitution du bassin de la Campine. J'y ai admis, en effet, l'existence de failles normales d'affaissement qui n'ont cessé de jouer pendant et après le dépôt du Houiller. Je ne pouvais donc pas admettre l'existence de golfes étroits et j'ai combattu cette idée en répondant à M. Habets à la séance du 16 décembre 1902. On peut lire dans le procès-verbal de cette séance, page 638 : « M. Simoens pense au contraire que ces golfes sont dus en grande partie à l'affaissement inégal du bassin, et les strates houillères, au lieu d'être sectionnées et balayées par des dépôts transgressifs, doivent au contraire présenter sous les roches rouges des allures ondulées ou affaissées EN RAPPORT AVEC L'ÉPAISSEUR DES COUCHES SUSJACENTES. »

On voit donc que mes théories, tout en rejetant l'idée des golfes étroits, restent cependant d'accord avec les faits observés en Allemagne et que M. Stainier rappelle en disant : « En Westphalie, les gisements importants de sel ont été rencontrés dans les endroits où LA SURFACE DU HOULLIER S'ENFONÇAIT SOUS DES CUVETTES PLUS ÉPAISSES DE ROCHES PERMIENNES ET TRIASIQUES. »

Je continue, dans la même note, à rejeter l'idée des golfes étroits acceptés en Westphalie et en Belgique, et au procès-verbal on peut lire :

« M. G. Simoens pense, comme M. P. Habets, que l'allure ondulée que présentent les sédiments rouges n'autorise pas l'hypothèse d'une faille périphérique (c'est-à-dire parallèle au bord du bassin). Mais le rejet vers le Sud de cette ligne ondulée confirme au contraire l'existence probable des failles radiales d'affaissement suivant une direction sensiblement Nord-Sud, failles dont M. Simoens a reconnu depuis longtemps l'existence en Campine. »

Je suis revenu sur la question dans ma dernière note en disant : « Il peut y avoir des aires étroites *effondrées*, mais alors ces phénomènes *d'ordre dynamique* ne peuvent être comparés à des golfes », et j'insiste en soulignant les mots *effondrés* et phénomènes *d'ordre dynamique*.

Je suis heureux de voir notre savant confrère se joindre à moi pour repousser cette théorie des golfes étroits et persister « à croire que la théorie des érosions n'est pas fondée. Je préfère, dit M. Stainier, admettre que les prétendus chenaux, cuvettes ou golfes d'Eelen et de la vallée du Rhin ne sont que des massifs en damiers limités par des failles normales », et notre confrère termine en disant : « Comme nous avons déjà eu l'occasion de le signaler, la STRUCTURE EN DAMIERS que suppose notre théorie présente des exemples connus; il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner les cartes et coupes des bassins houillers qui sont aux environs immédiats de la ville de Manchester. »

Je me permettrai, pour finir, de rappeler une des conclusions de mon travail présenté à la séance du 22 avril de l'année dernière (1). « Il existe dans le bassin du Nord de la Belgique, disais-je, de nombreuses cassures transversales; l'origine de ces cassures se reconnaît en partie dans le Brabant et l'on peut les suivre jusque dans le bassin campinois, où elles forment un véritable RÉSEAU DE FRACTURES assez semblables à celles qui traversent les bassins houillers du centre de l'Angleterre. Ces fractures doivent provoquer fatalement, au sein du bassin septentrional, des dénivellations considérables. » Aussi je pense que notre sympathique président voudra bien me permettre de revendiquer tout au moins une large part de ce qu'il appelle sa théorie. Ce qui appartient sans conteste à M. Stainier, c'est l'idée de la struc-

(1) G. SIMOENS, *Note préliminaire sur l'allure probable des couches houillères dans le Nord de la Belgique* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI, année 1902, *Proc.-Verb.*, pp. 182-189).

ture en damiers, mais je lui demanderai la permission de penser que cette expression n'est pas heureuse, le mot damier impliquant une série de lignes équidistantes et se coupant à angle droit, ce qui ne rend pas clairement l'idée que nous nous faisons habituellement des champs de fractures. Au contraire, l'expression RÉSEAU DE FRACTURES que j'ai employée dans mes travaux est un terme consacré depuis longtemps en Géologie et universellement adopté.

Je conclus :

1° La comparaison de la Belgique avec la Westphalie, loin de faire rejeter la présence probable du Permien, tend, tout au contraire, à confirmer l'existence de ce terme stratigraphique dans notre pays.

2° Tout ce que j'ai dit concernant les réseaux de fractures et les roches rouges de la Campine reste debout; il en résulte qu'il ne m'est pas possible d'admettre la localisation des roches salifères suivant une ligne parallèle à la Meuse, passant par Eelen, et dans une prochaine séance, je tracerai l'allure probable, en profondeur, des roches permienues et, partant, probablement salifères, toujours d'après la théorie que j'ai proposée et défendue depuis longtemps et qui consiste à considérer la Campine comme constituant le bord d'un bassin d'affaissement.

Relativement à la question du réseau de fractures admis par M. Simoens pour expliquer la disposition de notre bassin houiller, M. Rutot fait remarquer que cette disposition n'est pas particulière à la Campine. Les études qu'il a faites sur le bassin du Hainaut et sur l'allure du Crétacé lui ont permis d'y constater ce phénomène, visible d'ailleurs dans les carrières carbonifères de Tournai, où le calcaire reste horizontal.

Ce phénomène a aussi frappé un géologue français qui a écrit un premier travail sur ce sujet, en y adjoignant une coupe montrant ce mouvement de paquets restés sensiblement horizontaux et coupés par des fissures ou failles. Les recherches personnelles de M. Rutot sur l'allure du Crétacé du Hainaut lui font reconnaître la même disposition dans ces formations secondaires recouvrant le Houiller.

Ce phénomène commence à être étudié et se montrera sans doute plus général qu'on ne paraissait le croire jusqu'ici.

M. Simoens ajoute que ces phénomènes sont généralement admis par les géologues anglais et allemands. Or il serait bien extraordinaire de ne pas rencontrer dans la région intermédiaire entre l'Angleterre et l'Allemagne, c'est-à-dire en Belgique, des manifestations dynamiques analogues à celles que nous apprennent à connaître nos savants voisins.

Un massif absolument rigide, comme le horst du Brabant, ajoute M. Rutot, ne peut pas se plier : il se fracture, et alors des effondrements se produisent.

La séance est levée à 10 h. 50.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 28 JUILLET 1903.

E.-A. MARTEL. — Sur l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine.

« L'emploi de la fluorescéine pour la recherche des relations entre les pertes et les réapparitions de rivières (imaginé par Ten Brink en 1877 et de plus en plus généralisé) a donné lieu récemment à divers mémoires ou notes, dont certaines conclusions me paraissent tout au moins prématurées et établissent en tout cas que ce sujet est très insuffisamment élucidé. Comme je l'étudie moi-même assidûment depuis 1896, aussi bien à l'air libre que *sous terre, en examinant la marche des eaux intérieures* parmi les obstacles qu'elles rencontrent, je demanderai la permission de fixer un peu les idées, en résumant très sommairement ce qui paraît acquis actuellement sur la question :

» 1° La solution de fluorescéine, même très concentrée, se décolore *au soleil* en moins de vingt-quatre heures.

» 2° Au 20 000 000^e en plein jour, mais à l'ombre, elle ne commence à se décolorer qu'au bout d'une semaine au moins.

» 3° Dans l'obscurité complète, je conserve, depuis 1897, des échantillons de solutions absolument inaltérées.

» 4° La décoloration partielle par l'argile, reconnue par M. Trillat (*Comptes rendus*, 13 mars 1899), est moindre sous pression qu'à l'air libre, remarque importante, puisque j'ai montré que, dans les réservoirs des cavernes, l'eau peut atteindre plusieurs atmosphères de pression (*Comptes rendus*, 28 décembre 1896).

» 5° La fluorescéine, même dans une eau très chargée d'argile, *ne se décante pas*, contrairement à ce qui a été admis jusqu'ici; au jour sans soleil (*voir 2°*), *elle se décolore lentement, sans être entraînée par l'argile qui se dépose au fond du vase d'essai.*

» 6° La coloration n'est modifiée ni par le filtre en papier ni par la bougie du filtre Chamberland, système Pasteur.

» 7° La vitesse de propagation souterraine peut varier dans la proportion de 1 à 200 au moins; j'ai constaté 5^m,50 à l'heure à Padirac (mai 1903) et 1 050 mètres à l'heure à Bramabiau (septembre 1897), soit 132 mètres à 25 kilomètres par jour (1). Les causes de ralentissement dans l'écoulement des eaux souterraines sont les éboulements rocheux, amas de sable ou d'argile, rétrécissements, siphonnements ou conduites forcées, expansions en bassins; bref, toutes les diminutions de section, multiplications de frottement et stagnations.

» 8° L'accélération est produite par l'augmentation de la pente et surtout par celle du débit : vitesse de Bramabiau, 5^m,18 par minute, avec débit inférieur à 1 mètre cube par seconde, et 17^m,50 par minute avec 3 mètres cubes par seconde; vitesse du Rhin à Ragaz, 8 kilomètres par heure pour 200 mètres cubes par seconde et 4‰ de pente; vitesse de la Tamina à Ragaz, 3 kilomètres par heure, débit 9 mètres cubes par seconde et 50 ‰ de pente; *le torrent coule moins vite que le fleuve* (août 1900).

» 9° Les expériences de Ten Brink et Knop (1877) au Danube-Aach et de MM. Miquel et Dienert (*Rapports de la Commission de Montsouris sur les sources du bassin de la Seine, 1901-1903*) ont fourni des vitesses égales à celles de la fluorescéine, pour les dissolutions de sel et la levure de bière (et même parfois inférieures).

» 10° La *remise en marche* de colorations souterraines est bien l'œuvre des crues internes; mais, en raison de l'absence de décantation (§ 5° et 17°), on ne doit pas se prononcer encore sur la façon dont elle se réalise; je pense qu'elle provient d'une baisse qui, après le jet de la fluorescéine, arrête l'eau colorée de bassins de retenue, momentanément privés d'écoulement, puis remis en mouvement (voire même anastomosés) par une *chasse* de crue. Elle peut aussi être *fictive* , par subdivisions inégales du cours souterrain.

» 11° Les eaux troubles des torrents glaciaires et des crues diminuent, jusqu'à l'annulation complète, la coloration même très forte.

» 12° Mais l'expérimentateur peut remédier à cela par la décantation ou le filtrage des particules argileuses (§ 5° et 6°).

» 13° Il est exact que la propagation de la fluorescéine semble moins rapide que celle de l'eau qui la véhicule; en eau très calme, j'ai trouvé, à Padirac (22 mai 1903), une vitesse de 12 mètres par heure pour la

(1) Et ce ne sont pas là les extrêmes connus.

tête d'une coloration et de 4 mètres seulement pour la queue, soit un retard des deux tiers pour la fin de la couleur. En espaçant les jets de couleur, les derniers finissent toujours par rejoindre les premiers

» Mais il pourrait bien y avoir là (le fait étant contraire aux conséquences physiques de la parfaite incorporation moléculaire de la fluorescéine dans l'eau, § 5° et 6°) une illusion, produite par une notion insuffisante des conditions matérielles de l'écoulement, et surtout des variations incessantes de vitesse causées par les obstacles rencontrés. Ici surtout la circonspection s'impose (1).

» 14° En tout cas, ce retard, s'il est réel, et surtout les risques de retenue dans l'argile (§ 4°) qui peuvent aboutir à la dilution et à l'invisibilité complètes, en cas de très long ou de très lent parcours, permettent de dire qu'un résultat négatif tiendra le plus souvent à la trop petite quantité de fluorescéine employée. Quel que soit l'inconvénient d'un excès de coloration, c'est le seul moyen de compenser les nombreux éléments d'insuccès des expériences. Et le précieux fluorescope de MM. Trillat et Marboutin doit être utilisé bien plus comme correctif de ces éléments que comme moyen d'épargner la substance ou d'en restreindre les effets (2).

» 15° Il faut jeter la fluorescéine, non pas lentement et par petites quantités à la fois, mais, au contraire, rapidement et abondamment, afin de commencer toute expérience avec le maximum possible de coloration.

» 16° L'absence de décantation se manifeste aussi sous terre : à Padirac, du 23 mai au 7 juin 1903, avec 750 grammes de fluorescéine, j'ai maintenu coloré, pendant quinze jours, un bassin de 5 000 à 6 000 mètres cubes, sans qu'aucune trace de couleur soit demeurée ensuite perceptible (à l'œil nu), même sous 5 mètres de profondeur; la

(1) Postérieurement à la date du 20 juillet ci-dessus, j'ai reconnu, selon l'idée de M. H. Schardt et après entente avec MM. Van den Broeck et Marboutin, que, conformément aux observations de ces trois expérimentateurs, le retard n'était qu'apparent, applicable seulement à la partie *visible à l'œil nu* de la coloration; si l'on étudie la marche de la couleur au fluorescope, on cesse de constater pour elle aucun retard et l'on est conduit à reconnaître que la *pointe extrême* de la fluorescéine (invisible à l'œil nu) se propage avec la même vitesse que l'eau qui la véhicule : l'illusion du soi-disant retard était une conséquence de la dilution extrême des molécules de couleur qui se retrouvent le plus rapidement entraînées. La partie visible à l'œil nu de la fluorescéine ne donne donc pas la vitesse réelle des filets d'eau les plus rapides.

(2) En vertu de la note précédente, on doit ajouter qu'aucune expérience de *précision* ne saurait se passer du fluorescope. (*Ces deux notes ont été ajoutées par l'auteur à son texte primitif, pour la reproduction au BULLETIN de sa Note à l'Académie.*)

décoloration a été lente et progressive à partir du troisième jour.

» 17° La propagation de la couleur en eau très calme se fait en minces filaments vasculaires, à la surface ou entre deux eaux, mais *sans chute vers le fond* (§ 5° et 10°).

» 18° Toute expérience devrait être faite de préférence lors des crues et même dans les trois états d'eaux basses, moyennes et hautes, les différences de résultats devant être éminemment instructives. »

(20 juillet 1903.)

(Extr. du *Compte rendu de l'Acad. des Sciences de Paris*,
t. CXXXVII, 1903, pp. 225-227.)

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances (1).

Le *Guide-Annuaire de Madagascar et dépendance*, publié par ordre du Gouvernement de la République française et gracieusement offert à notre Bibliothèque, est un manuel administratif contenant de nombreuses données utiles aux colons.

Il comprend aussi une description physique de la grande île et une carte géologique qui seule peut intéresser la Société. Cette carte est à échelle très réduite, car la superficie de Madagascar équivaut à celles de la France, de la Belgique et de la Hollande réunies. Elle nous montre la plus grande partie de ce vaste territoire occupé par des roches éruptives, coupées par des îlots de terrain archéen.

Le Triasique, le Jurassique et le Crétacique forment de longues bandes sur la côte occidentale. Les terrains tertiaires ne sont représentés que par un lambeau.

Les gisements aurifères ne sont pas rares, mais jusqu'à présent leur richesse n'est pas bien connue.

Rappelons en outre, ce que ne dit pas le *Guide-Annuaire*, que Madagascar, quoique située sur la côte d'Afrique, est, par sa faune et sa flore, une île essentiellement asiatique.

O. v. E.

(1) La couverture de cet ouvrage de 846 pages, petit in-8°, porte : *Guide annuel de Madagascar, à l'usage des colons, planteurs, commerçants, industriels, fonctionnaires et voyageurs*. Tananarive. Imprimerie officielle, 1903. Ouvrage accompagné d'héliogravures, de cartes et de plans.

B^{on} O. VAN ERTBORN. — **Sondages houillers de la Campine.**

Les *Annales des Mines de Belgique* publient la troisième série de coupes de sondages houillers de la Campine (n^{os} 55 à 55) (1).

Les deux premières séries, résumées par nous, ont paru dans les *Bulletins de la Société* (2).

Le même fascicule des *Annales des Mines* comprend un article de M. Renier, ingénieur des mines à Liège, sur les modes et procédés de sondage employés pour ces recherches et la liste des demandes en concessions de mines de houille à la date du 1^{er} août 1903. Ces faits ne rentrant pas dans le cadre des études poursuivies par la Société, nous nous contenterons de les signaler.

Nous n'ignorons pas que les procédés rapides de sondage rendent la détermination des échantillons des terrains meubles fort difficile, d'autant plus qu'en grandes profondeurs, les formations argileuses, telles que le Panisélien, l'Ypresien, le Landenien, le Heersien, se fondent en une seule masse, dans laquelle il est impossible d'établir des lignes de démarcation lorsque les preuves paléontologiques font défaut.

Les coupes 55 et 56, dressées par le Service géologique, rentrent complètement dans le cadre des probabilités, déduit de l'allure générale des diverses formations dans la région située immédiatement au Sud du nouveau bassin houiller.

Il n'en est pas de même du numéro 57, Norderwyck, où nous voyons figurés 202 mètres d'Asschien, 68 de Wemmélien, 158 de Ledien et 26.6 de Laekenien reposant directement sur le Crétacique. La puissance de ces dépôts serait donc de 454^m,6, alors qu'au château de Westerloo, situé à 8 kilomètres au Sud-Est, elle n'est que de 66^m,5. Le sondage houiller de Westerloo a démontré, en outre, que la base du Bruxellien se trouve séparée du toit du Crétacique par 160 mètres d'argile d'âge éocène inférieur. La coupe du puits artésien de Westerloo a été dressée par notre collègue et ami M. G. Velge avec un soin méticuleux, d'après des échantillons de premier choix. La présence de l'argile rupélienne

(1) *Ann.*, 1903, t. VIII, 3^e liv.

(2) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, 1903, t. XVII, p. 156. Annexe à la séance du 21 avril 1903. — *Ibid.* Procès-verbal de la séance du 16 juin 1903.

dans le sous-sol de Norderwyck ne peut faire l'ombre d'un doute. Il y a une quarantaine d'années environ, le baron de T'Serclaes, de Norderwyck, fit faire une tentative de sondage artésien, et nous nous rappelons fort bien avoir vu retirer en notre présence une *carotte* d'argile plastique contenant la *Cassidaria Nysti* (1). Le toit de l'Éocène, d'après la coupe en question, se trouverait à Norderwyck à la cote — 53, alors qu'à Westerloo, situé à 8 kilomètres au Sud-Est, il se trouve sans conteste à la cote — 108. Or, s'il est un fait bien établi, c'est qu'en Campine les morts-terrains tertiaires ne se relèvent jamais vers le Nord. Nous n'insisterons pas davantage.

Le n° 38, Kessel, fut exécuté en dehors et au Sud du bassin houiller. La coupe ne signale pas le Diestien en ce point; il doit y en avoir, car il était bien représenté au fort de Lierre, où nous avons pu l'observer lors du creusement des fossés. Le Crétacique percé, la sonde a pénétré successivement dans l'assise de Visé, dans celle de Dinant, dans le Tournaisien, le Famennien, le Frasnien et le Givetien. L'inclinaison des couches est faible.

Le n° 39, Santhoven. Les sables grossiers, très glauconifères, épais de 55 mètres, sous-jacents au Poederlien, rangés dans le Bolderien, nous paraissent représenter le Diestien.

Le n° 43, Lanaeken, devrait porter en réalité le n° 4. Il fut exécuté en 1899 et ne rencontra que le Houiller inférieur, Calcaire de Visé.

Le n° 44, Hoesselt, dont le point se trouve beaucoup plus au Sud, a atteint le Siluro-Cambrien immédiatement en dessous du Crétacique.

Le n° 46, Lanklaer. Les 47^m,7 de sable blanc grossier attribués au Moséen nous paraissent représenter plutôt le Diestien. La puissance de 172 mètres accordée au Bolderien nous paraît bien invraisemblable, d'autant plus que cet étage n'est jamais bien épais. L'argile et les sables argileux qui y sont rangés nous paraissent plutôt d'âge rupelien. La même observation s'applique aux n°s 47, 48, 50 et 52, où la part attribuée au Bolderien est certainement exagérée.

Le n° 48, Coursel. La coupe attribue 120 mètres au Laekenien. Il nous semble que si l'Éocène moyen s'étend aussi loin, sa puissance doit y être bien plus réduite. Le forage a rencontré un grand nombre de couches de houille.

Attirons aussi l'attention sur les n°s 50 et 52, où l'on a percé l'Oligocène supérieur, Lignites du Rhin.

(1) Ce fossile n'est pas absolument caractéristique de l'argile de Boom, mais il n'y est pas rare.

Hydrologie souterraine.

Les renseignements sur ce sujet intéressant ne sont guère abondants. Ils sont cependant bien importants et les eaux souterraines peuvent causer des difficultés sérieuses lors des puits d'exploitation. Il est probable que les niveaux artésiens peu abondants ou s'équilibrant en contrebas du sol ont passé inaperçus.

Le forage n° 37, Norderwyck, a rencontré, à 490^m,9 dans le Maestrichtien, une source jaillissante s'élevant à plus de 15 mètres au-dessus du sol.

Au n° 59, ¹/₂Santhoven, à 505 mètres de profondeur, le sable grossier landenien a fourni une source jaillissante débitant 592 mètres cubes par 24 heures; température : 26°,5. Le degré géothermique serait de 50 mètres, ce qui est tout à fait normal.

La coupe n° 42, Leuth, signale dans le Rupélien, à 80 mètres, de l'eau pure et abondante remontant à la surface, et vers 240 mètres dans le Maestrichtien, une autre source jaillissante débitant environ 1 500 mètres cubes par jour.

A Lanaeken (n° 45), la sonde a ramené au jour, à 255^m,6, une source jaillissante d'eau chaude salée, rencontrée dans le Hervien.

Au n° 45, Meeswyck, le Maestrichtien est indiqué comme très aquifère à 268 mètres de profondeur.

Le sondage n° 46, Lanklaer, a atteint, dans le Tongrien, à 272 mètres, une source jaillissante; pression : 1.5 atmosphère au sol.

Le n° 46, à 660 mètres, une faible source un peu salée dans le Houiller.

Enfin, au n° 52, trois sources jaillissantes sont indiquées à 127 et à 170 mètres et la troisième dans le Maestrichtien à 225 mètres; pression au sol : 1 atmosphère.

TABLEAU DES SONDAGES HOUILLE

	GHEEL. COTE DU SOL : + 24. 55	TONGERLOO. — COTE DU SOL : + 17. 56	NORDERWIJCK. — COTE DU SOL : + 17. 57	KESSEL. — COTE DU SOL : + 8. 58	SANTHOVEN. — COTE DU SOL : + 40.3. 59	GRUITRODE. — COTE DU SOL : + 75. 40	OPOETEREN. — COTE DU SOL : + 50. 41	LEUTH-ROETWEIDE. — COTE DU SOL : + 44. 42
	Mètres.	Mètres	Mètres	Mètres.	Mètres.	Mètres	Mètres.	Mètres.
Flandrien	0 40	»	»	5 »	»	»	»	»
Campinien	»	»	»	»	»	14 »	13 40	15
Moséen	»	»	»	»	»	»	»	»
Poederlien	»	»	»	»	5 »	443 50	2 90	»
Diestien	424 60	60 »	60 »	»	»	»	436 40	»
Bolderien	»	»	»	40 »	65 »	59 50	»	46
Rupelien	436 50	140 »	»	443 »	180 »	»	»	»
Tongrien	»	»	»	»	»	433 »	»	403
Asschien	»	»	202 »	»	»	»	»	»
Wemmélien	»	»	68 »	»	»	»	»	»
Ledien	»	80 »	438 »	»	»	»	»	»
Laekenien	»	»	26 60	37 »	170 »	»	»	»
Bruxellien	»	»	»	»	»	»	»	»
Paniselien	»	»	»	25 »	»	»	»	»
Ypresien	»	67 »	»	140 »	85 »	»	»	»
Landenien	261 50	43 »	»	30 »	6 40	»	»	»
Heersien	»	65 »	»	»	»	83 »	»	95 30
Toit du Crétacique	-498 80	-438 »	-458 »	-372 »	-504 10	-357 »	»	-488 30
Crétacique	252 40	167 50	184 40	193 »	199 20	277 60	»	186 50
Toit du Houiller	-731 20	-605 50	-642 40	»	-700 30	»	»	-374 80

DE LA CAMPINE (de 35 à 53).

LANAEKEN. — COTE DU SOL : + 53.	HASSELT. — COTE DU SOL : + 56.	MEESWICK. — COTE DU SOL : + 38.	LANKLAER. — COTE DU SOL : + 39.	KELTERHOF-HOUTHALEN. — COTE DU SOL : + 75.	COURSEL. — COTE DU SOL : + 39.	OP-GRIMBY. — COTE DU SOL : + 47.	DILSEN. — COTE DU SOL : + 37.	PONT DE MECHELEN. — COTE DU SOL : + 44.	STOCKHEIM. — COTE DU SOL : + 36.	LEUTH-MASSELHOVEN. — COTE DU SOL : + 40.
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
»	Md. 4.	Md. 1.	»	Md. 1.	M 0.6.	»	»	»	M. 2.	»
40 50	»	40 »	41 »	15 »	»	40 80	44 »	41 »	H. 5.8.	45 »
»	»	»	47 70	58 20	»	»	41 »	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	32 60	44 4	»	»	»	»	»
»	»	24 »	472 30	421 60	110 »	»	240 »	»	148 »	40 »
0 50	3 70	451 »	42 20	74 90	415 »	44 50	Ol. sup. 70 »	29 »	Ol. sup. 36 20	440 »
»	21 80		3 60	49 80	»					
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	420 »	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
37 50	»	»	»	»	»	43 40	»	60 »	»	135 »
25 90	»	»	»	9 60	»	38 60	»	30 »	»	
-21 40	+26 50	-212 »	-236 80	-257 80	-321 »	-90 30	-268 »	-89 »	-156 »	-130 »
197 60	462 40	465 20	216 50	254 20	249 »	249 70	413 30	242 »	481 »	222 »
219 »	»	-377 20	-453 30	-542 »	-570 »	-340 »	-381 30	-331 »	-337 »	-352 »

TABLEAU DES SONDAGES HOUILLERS DE LA CAMPINE (de 35 à 53).

	GHEEL. COTE DU SOL : + 24. 35	TONGERLOO. COTE DU SOL : + 47. 36	NORDERWIJK. COTE DU SOL : + 47. 37	KESSEL. COTE DU SOL : + 8. 38	SANTHOVEN. COTE DU SOL : + 40.3. 39	GRUITRODE. COTE DU SOL : + 75. 40	OPETEREN. COTE DU SOL : + 80. 41	LEUTH-ROETWEIDE. COTE DU SOL : + 44. 42	LANKEN. COTE DU SOL : + 53. 43	HASSELT. COTE DU SOL : + 55. 44	MEESWICK. COTE DU SOL : + 38. 45	LANKLAER. COTE DU SOL : + 39. 46	KELTERHOF-HOUTHAELLEN. COTE DU SOL : + 73. 47	COURCEL. COTE DU SOL : + 39. 48	OP-GRIMBY. COTE DU SOL : + 47. 49	DILSEN. COTE DU SOL : + 37. 50	PONT DE MECHLEN. COTE DU SOL : + 44. 51	STOCKHEIM. COTE DU SOL : + 36. 52	LEUTH-MASSELHOVEN. COTE DU SOL : + 40. 53
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Flandrien	0 40	"	"	5 "	"	"	"	"	"	Md. 4.	Md. 1.	"	Md. 1.	M 0.6.	"	"	"	M. 2.	"
Campinien	"	"	"	"	"	14 "	43 40	45 "	40 50	"	40 "	41 "	45 "	"	40 80	44 "	44 "	H. 5.8.	45 "
Moséen	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	47 70	38 20	"	"	11 "	"	"	"
Poederlien	"	"	"	"	5 "	143 50	2 90	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Diestien	124 60	60 "	60 "	"	"	"	136 40	"	"	"	"	"	32 60	44 4	"	"	"	"	"
Bolderien	"	"	"	40 "	65 "	59 50	"	46 "	"	"	24 "	172 30	121 60	110 "	"	210 "	"	148 "	10 "
Rupélien	136 50	140 "	"	143 "	180 "	"	"	403 "	0 50	3 70	"	42 20	74 90	145 "	44 50	Ol. sup. 70 "	29 "	Ol. sup. 36 20	110 "
Tongrien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	24 80	"	3 60	49 80	"	"	"	"	"	"
Asschien	"	"	202 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Wemmelien	"	"	68 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Ledien	"	80 "	138 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Laekenien	"	"	26 60	57 "	170 "	"	"	"	"	"	"	"	"	120 "	"	"	"	"	"
Bruxellien	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Paniselien	"	"	"	25 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Ypresien	"	67 "	"	140 "	85 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Landenien	261 50	43 "	"	30 "	6 40	"	"	95 30	37 50	"	"	"	"	"	43 40	"	60 "	"	135 "
Heersien	"	65 "	"	"	"	83 "	"	"	25 90	"	"	"	9 60	"	38 60	"	30 "	"	"
Toit du Crétacique	-498 80	-438 "	-458 "	-372 "	-504 10	-357 "	"	-188 30	-21 40	+26 50	-242 "	-236 80	-257 80	-324 "	-90 30	-268 "	-89 "	-156 "	-130 "
Crétacique	252 40	167 50	184 40	193 "	199 20	277 60	"	186 50	197 60	162 10	165 20	216 50	254 20	249 "	249 70	113 30	242 "	181 "	222 "
Toit du Houiller	-751 20	-605 50	-642 40	"	-700 30	"	"	-371 80	-219 "	"	-377 20	-453 30	-512 "	-570 "	-340 "	-381 30	-331 "	-337 "	-352 "

43	COTE DU SOL : + 53. — HASSELT. — COTE DU SOL : + 56. — MEESWIJCK. — COTE DU SOL : + 38. — LANKLAER. — COTE DU SOL : + 39. — KEIGTERHOF-HOUTHALEN. — COTE DU SOL : + 75. — COURSEL. — COTE DU SOL : + 39. — OP-GRIMBY. — COTE DU SOL : + 47. — DILSEN. — COTE DU SOL : + 37. — PONT DE MECHELEN. — COTE DU SOL : + 44. — STOCKHEIM. — COTE DU SOL : + 36. — LEUTH-MASSELHOVEN. — COTE DU SOL : + 40.	44	45	46	47	48	49	50	51	52	55
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
	0 80	44 90	2 »	45 50	45 80	90 40	5 30	20 20	56 »		
	0 85	1 66	0 72	0 75	»	0 55	0 40	0 75	1 27		
	48 60	45 30	44 70	44 90	»	58 70	83 70	55 20	5 20		
	1 70	1 30	1 52	0 95	»	0 65	0 48	0 53	1 40		
	42 20	48 50	67 »	32 50	»	7 40	409 40	44 60	42 »		
	1 11	0 80	1 65	0 85	»	1 40	»	1 20	1 10		
	3 80	7 »	44 60	5 40	»	6 30	»	72 40	2 60		
	0 83	0 47	1 82	1 00	»	0 60	»	0 81	0 50		
	4 20	22 20	40 50	4 70	»	8 60	»	437 30	26 80		
	0 65	0 61	0 75	0 82	»	1 65	»	0 62	1 35		
	4 40	4 90	7 90	44 40	»	5 40	»	43 »	40 »		
	0 40	0 68	1 05	0 58	»	»	»	0 78	1 23		
	»	34 »	37 20	43 40	»	»	»	34 90	15 90		
	»	0 57	2 11	1 60	»	»	»	0 85	0 65		
	»	3 20	58 80	6 40	»	»	»	21 70	49 20		
	»	0 44	0 68	1 03	»	»	»	0 65	1 »		
	»	93 40	9 60	16 60	»	»	»	40 40	5 20		
	»	»	0 72	1 65	»	»	»	1 67	0 40		
	»	»	49 80	4 40	»	»	»	21 80	»		
	»	»	0 75	0 50	»	»	»	0 77	»		
	»	»	2 60	16 60	»	»	»	4 40	»		
	»	»	»	1 40	»	»	»	»	»		
	»	»	»	49 40	»	»	»	»	»		
	»	»	»	1 60	»	»	»	»	»		
	»	»	»	3 20	»	»	»	»	»		
	»	»	»	0 45	»	»	»	»	»		
	»	»	»	0 80	»	»	»	»	»		
	»	»	»	0 60	»	»	»	»	»		
	»	»	»	45 30	»	»	»	»	»		
	»	»	»	0 59	»	»	»	»	»		
	»	»	»	23 20	»	»	»	»	»		
	»	»	»	1 80	»	»	»	»	»		
	»	»	»	20 60	»	»	»	»	»		
78 »	219 »	513 50	701 70	887 »	905 60	534 80	650 »	571 »	770 »	553 80	
Forir.	H. Forir.	S. G.	H. Forir.	H. Forir.	H. Forir.	S. G.	H. Forir.	S. G.	H. Forir.	S. G.	

Voir la notice.

Voir la notice.

	GHEEL. COTE DU SOL : + 24. 35	TONGERLOO. COTE DU SOL : + 17. 36	NORDERWIJCK. COTE DU SOL : + 17. 37	KESSEL. COTE DU SOL : + 8. 38	SANTHOVEN. COTE DU SOL : + 40.3. 39	GRUITRODE. COTE DU SOL : + 75. 40	OPOETEREN. COTE DU SOL : + 80. 41	LEUTH-ROETWEIDE. COTE DU SOL : + 152.5. 42		LANKLAER. COTE DU SOL : + 83. 46	KEIGTERHOF-HOUTHAELLEN. COTE DU SOL : + 75. 47	COURCEL. COTE DU SOL : + 39. 48	OP-GRIMBY. COTE DU SOL : + 47. 49	DILSEN. COTE DU SOL : + 37. 50	PONT DE MECHELEN. COTE DU SOL : + 44. 51	STOCKHEIM. COTE DU SOL : + 36. 52	LEUTH-WASSELHOVEN. COTE DU SOL : + 40. 53			
	Mètres.	Mètres.	Mètres.		Mètres.			Mètres.		Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.			
Psammites et schistes	118 10	46 30	17 70		4 50			42 60		0 80	41 90	2 »	15 50	151 80	90 10	5 30	20 20	56 »		
COUCHE.	1 40	1 30	1 15		1 10			0 75		0 85	1 66	0 72	0 75	»	0 55	0 40	0 75	1 27		
Schistes et grès	7 90	136 40	65 30		56 20			16 40		18 60	15 30	14 70	11 90	»	38 70	83 70	55 20	5 20		
COUCHE.	0 70	»	1 10		1 20			1 12		1 70	1 30	1 52	0 95	»	0 65	0 48	0 53	1 40		
Schistes et veinettes	4 60	»	141 30		77 »			7 20		42 20	18 50	67 »	32 50	»	7 40	109 40	44 60	12 »		
COUCHE.	0 75	»	1 10		»			0 45		1 11	0 80	1 65	0 85	»	1 40	»	1 20	1 10		
Grès, schistes et veinettes.	138 60	»	134 60		»			14 70		3 80	7 »	14 60	5 40	»	6 30	»	72 40	2 60		
COUCHE.	0 50	»	»		»			0 68		0 83	0 47	1 82	1 00	»	0 60	»	0 81	0 50		
Schiste.	12 10	»	»		»			3 80		1 20	22 20	40 50	4 70	»	8 60	»	137 30	26 80		
COUCHE.	1 10	»	»		»			1 12		0 65	0 61	0 75	0 82	»	1 65	»	0 62	1 35		
Schistes et grès	183 10	»	»		»			9 »		1 10	1 90	7 90	14 40	»	3 40	»	43 »	10 »		
COUCHE.	»	»	»		»			0 75		0 40	0 68	1 05	0 58	»	»	»	0 78	1 23		
Schistes et grès	»	»	»		»			6 30		»	31 »	37 20	43 10	»	»	»	34 90	15 90		
COUCHE.	»	»	»		»			0 57		»	0 57	2 11	1 60	»	»	»	0 85	0 65		
Schistes et grès	»	»	»		»			3 90		»	3 20	58 80	6 40	»	»	»	21 70	19 20		
COUCHE.	»	»	»		»			1 30		»	0 44	0 68	1 03	»	»	»	0 65	1 »		
Schistes et grès	»	»	»		»			16 60		»	93 40	9 60	16 60	»	»	»	10 40	5 20		
COUCHE.	»	»	»		»			0 91		»	»	0 72	1 65	»	»	»	1 67	0 40		
Schistes et grès	»	»	»		»			9 50		»	»	19 80	1 10	»	»	»	21 80	»		
COUCHE.	»	»	»		»			»		»	»	0 75	0 50	»	»	»	0 77	»		
Schistes et grès	»	»	»		»			»		»	»	2 60	16 60	»	»	»	1 40	»		
COUCHE.	»	»	»		»			»		»	»	»	1 40	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	19 10	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	1 60	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	3 20	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	0 45	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	0 80	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	0 60	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	45 30	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	0 59	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	23 20	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	1 80	»	»	»	»	»		
»	»	»	»		»			»		»	»	»	20 60	»	»	»	»	»		
PROFONDEUR TOTALE	1244 »	806 40	995 20	703 60	850 50	838 »	152 40	511 30		278 »	219 »	513 50	701 70	887 »	905 60	534 80	650 »	571 »	770 »	553 80
AUTEURS DES INTERPRÉTATIONS . .	Serv. géol.	S. G.	A. Rutot.	H. Forir.	H. Forir.	X. Stainier.	S. G.	S. G.	H. Forir.	H. Forir.	S. G.	H. Forir.	H. Forir.	S. G.	H. Forir.	S. G.	H. Forir.	S. G.		

LA SECONDE CONFÉRENCE SISMOLOGIQUE DE STRASBOURG

(24-28 JUILLET 1903)

Installation de la Conférence.

La seconde *Conférence sismologique* a tenu ses assises à Strasbourg du 24 au 28 juillet de cette année. Elle avait pour mission la ratification définitive des statuts d'une *Association sismologique internationale*, destinée à coordonner les recherches sismologiques, à les diriger suivant des principes généraux communs et, en outre, à organiser les observations des sismologues dans les pays destinés à rester en dehors de l'Association elle-même. La base générale des statuts qu'il s'agissait d'étudier et de fixer d'une manière formelle avait été prise dans l'organisation de l'Association géodésique internationale, qui, depuis de longues années déjà, remplit pour la science géodésique le rôle qui devra être dévolu à l'*Association sismologique* en ce qui regarde la science nouvelle, la sismologie, la jeune sœur de la géodésie.

La première *Conférence sismologique* s'était, nous l'avons plusieurs fois rappelé dans ce *Bulletin*, réunie à Strasbourg en 1901, sous l'impulsion du Prof^r Gerland, auquel on doit l'idée de la création nouvelle. Cette première Conférence avait eu un caractère aussi bien scientifique que d'organisation; les séances avaient été consacrées à l'étude de nombreuses questions sismologiques, comme celle des instruments, de leur comparaison, celle de la propagation des ondes sismiques, etc.; en même temps, on y avait jeté les bases, déjà préparées par M. le Prof^r Gerland, d'une *Association sismologique*, après avoir rejeté, sous l'influence prépondérante du délégué japonais, M. le Prof^r Omori, le projet d'une *Société internationale sismologique*. La Conférence, en se séparant, avait émis le vœu de voir le Gouvernement allemand faire les démarches préparatoires pour amener à un traité d'association. Ce vœu fut entendu (la Conférence en avait, d'ailleurs, reçu l'immédiate prévision de la part du délégué de l'Empire allemand, M. le conseiller Lehwald); le Gouvernement allemand avait bientôt invité tous les États à envoyer des délégués officiels à une réunion définitive destinée à ratifier les statuts proposés. C'est cette réunion dont nous avons à rendre compte ici, à laquelle nous avons assisté comme délégué du Gouvernement belge et de l'État libre du Congo, comme délégué, en outre, de

la Société belge de Géologie. La création de l'Association nouvelle ayant, au point de vue scientifique, une importance qui ne peut être méconnue, et que des géologues sûrement apprécieront certes autant, si pas plus, que les géophysiciens, il nous paraît qu'il n'est pas inutile d'entrer dans quelques détails au sujet de la manière dont cette fondation scientifique a vu le jour; cela nous paraît d'autant plus indiqué que la Société de Géologie, sous l'impulsion de M. Van den Broeck spécialement, a pris la plus grande part, parmi nos sociétés savantes, à l'installation de stations sismologiques belges, qu'elle possède sous sa direction scientifique, à l'heure actuelle, deux stations dont la situation est des plus importantes au point de vue des études nouvelles, qu'elle a créé notamment une station souterraine dont le rôle sera des plus utiles, et enfin, que son savant Secrétaire a signalé un des premiers les relations possibles entre certains phénomènes atmosphériques (les mistpoeffers) et les mouvements internes du globe, ainsi qu'entre les dégagements gazeux dans les mines et cette même agitation terrestre.

Nous dirons, en commençant, que la *Conférence sismologique internationale de Strasbourg* a entièrement répondu à l'espoir de tous ceux qui s'occupent des sciences géophysiques. Les quatre jours de travail suivi (24-28 juillet) et assidu auxquels elle s'est astreinte ont porté leurs fruits. On peut dire dès maintenant que l'*Association sismologique internationale* est fondée. Les votes qui ont été émis n'engagent certes pas encore les États dont les délégués avaient voix délibérative, mais l'unanimité avec laquelle tous les articles des statuts définitifs ont été votés montre bien que l'Association nouvelle se présente comme une œuvre scientifique impatiemment attendue, qui arrive à son heure et répond, en quelque sorte, suivant la formule traditionnelle, à un besoin bien défini ressenti par le monde savant.

Le nombre des adhérents à la Conférence, en y comprenant indistinctement tous ceux qui y ont pris part, les délégués officiels des États comme les simples sismologues, se montait à 102. Ce nombre élevé est encore une preuve de l'intérêt que les Gouvernements comme le monde savant en général attachent à cette jeune science, la sismologie. On en trouvera, en annexe, le tableau complet.

L'organisation générale de la Conférence avait été élaborée depuis un mois environ par le Comité d'organisation, dont faisaient partie quelques membres du conseil communal de Strasbourg, de la délégation d'Alsace-Lorraine, des hauts fonctionnaires du Gouvernement allemand, et le directeur, M. le Prof^r Gerland, des débats sismologiques.

C'est le programme dû à ce Comité d'organisation que nous prendrons comme guide.

Le jeudi 25 juillet, à 8 heures du soir, la veille des débats techniques, la bienvenue fut souhaitée aux congressistes, au *Zivil Kasino*, par un délégué de l'administration communale de Strasbourg. L'Allemagne, c'est là un fait bien reconnu, est souverainement hospitalière pour ceux qui viennent sur son sol aux réunions que provoque si souvent aujourd'hui la coopération scientifique; elle estime la Science; ses professeurs et ses savants tiennent dans la société une place hautement honorée, plus honorée certes que dans les pays de langue latine. Elle sait que la Science est une grande force, elle en a éprouvé les bienfaits, elle la respecte autant pour le bien qu'elle lui a apporté que pour la dignité et l'abnégation qu'elle trouve chez ceux qui la représentent. La cordialité de l'accueil que les savants étrangers y reçoivent est un des grands charmes des réunions scientifiques qui s'y tiennent, et je pense ne pas être démenti en disant que le souvenir emporté par tous ceux qui ont assisté aux conférences de 1901 comme de 1903, est un souvenir aimable et charmant. Le porte-parole de Strasbourg, dans la réunion du 25 juillet, était M. le Conseiller ministériel Stadler :

« Comme Président de notre délégation, j'ai, dit-il, la mission honorable de souhaiter la bienvenue à vous tous, Messieurs, qui, sur l'invitation du Gouvernement allemand, vous êtes rendus à Strasbourg pour assister à cette Conférence. La ville de Strasbourg et ses habitants savent apprécier l'honneur qui leur est fait par ces nombreux délégués des gouvernements étrangers et par ces nombreux savants qui ont choisi Strasbourg comme lieu de délibération sur ces importants problèmes que soulève la Sismologie. Demain, à l'ouverture officielle de la Conférence, vous serez salués par le haut protecteur, le représentant de Sa Majesté l'Empereur en ce pays, le *Statthalter*. Mais le Conseil communal de cette ville ne voulait pas se priver du plaisir, avant l'ouverture même de la Conférence, de vous exprimer ses vœux les plus sincères pour le succès de vos travaux. Puisse un accueil chaleureux vous reposer et vous reconforter après le travail assidu de chaque jour, puissiez-vous aussi rapporter dans votre patrie un souvenir aimable de votre séjour parmi nous. Au nom de la ville de Strasbourg, je vous souhaite la bienvenue la plus cordiale. »

Le vendredi 24 juillet, à 10 heures du matin, la Conférence sismologique fut solennellement ouverte dans la grande salle du Landes-ausschuss, par le *Statthalter* d'Alsace-Lorraine, Prince de Hohenlohe-Langenburg. Reçu par le Prof^r Gerland, qui avait pris la présidence

provisoire de l'assemblée, ainsi que par le Conseiller Lehwald et le secrétaire d'État von Köller, le *Statthalter* prit immédiatement la parole dans les termes excellents que nous reproduisons ici :

MESSIEURS,

« Il y a deux ans, l'honneur m'est déjà échu de saluer, au nom de l'Alsace-Lorraine, les sismologues de tous pays qui s'étaient réunis ici pour échanger leurs vues et les fruits de leurs observations sur les mouvements du sol produits par les tremblements de terre. J'étais, vu mon incompétence, bien peu propre à une semblable mission. Cependant vous voulûtes bien accueillir mon salut avec bienveillance. Aujourd'hui, honoré encore du titre de protecteur de vos travaux, je vous demanderai encore de n'attendre de moi aucun savant discours; je les laisse à de plus autorisés. La Conférence actuelle émanant de vingt-cinq États prouve que la semence jetée il y a deux ans est tombée sur un sol fertile et que de nouveaux progrès ont été accomplis dans le domaine de la sismologie. L'idée de la création d'une organisation internationale de la sismologie et d'une station centrale a pris corps définitivement. Les recherches comparées que cette dernière réunira contribueront sans doute à résoudre l'énigme des mystérieux phénomènes qui se présentent à nous, accompagnés souvent de ruines et de deuils. Si vous pouviez réussir à prévoir les tremblements de terre les plus violents, un immense service serait déjà rendu à l'humanité tout entière; il n'est pas à croire, Messieurs, que vous pourriez jamais en empêcher la reproduction. Le *Reichsland* est très honoré de voir ici réunis autant d'hommes éminents dans le domaine de la science; nous les remercions d'être venus à nous. Puissent vos délibérations, qui embrassent un si vaste champ, avoir un résultat heureux; puisse notre *Reichsland* vous plaire, et si je puis ajouter à ces vœux un vœu personnel, puissiez-vous prendre la décision de choisir Strasbourg comme centre de gravité international de votre travail en commun. Je salue, au nom de l'Empire, les délégués que la Science envoie sur notre sol et déclare ouverte la Conférence sismologique. »

S. Exc. le Conseiller Levitzky et le Prof^r Palazzo remercient ensuite le Gouvernement allemand, au nom de la Russie, de l'Italie et des États prenant part à la Conférence, d'avoir pris l'initiative de l'organisation internationale des études relatives aux tremblements de terre, remercient ensuite le *Statthalter* de son accueil chaleureux,

ainsi que la ville de Strasbourg et enfin le Prof^r Gerland qui a mené le bon combat pour l'œuvre nouvelle.

Ce dernier prit alors la parole pour exposer la situation devant laquelle la Conférence actuelle se trouve et s'exprima dans les termes suivants :

EXCELLENCE, HONORABLE ASSEMBLÉE,

« Nous venons d'entendre les paroles de salut cordial par lesquelles le Haut Protecteur de la Conférence vous a accueillis en cette ville : permettez-moi d'exprimer en votre nom à Son Excellence tous nos remerciements chaleureux. Mais le meilleur remerciement que nous puissions exprimer en même temps à Votre Excellence, à l'Empire d'Allemagne et au Parlement de l'Alsace-Lorraine, dans le palais duquel nous siégeons aujourd'hui comme il y a un an et demi, le meilleur remerciement que nous puissions aussi envoyer aux Gouvernements étrangers dont vous êtes ici les délégués, ne se manifeste pas par des paroles seulement, mais par des actes. Avons-nous posé ces actes? Qu'a-t-il été fait depuis cette première Conférence d'avril 1904, à laquelle, sur l'invitation du Gouvernement allemand, la Russie, le Japon, l'Autriche-Hongrie, la Suisse, la Belgique et l'Allemagne elle-même avaient envoyé leurs délégués? Que s'est-il produit depuis cette réunion qui puisse être cité comme développement fécond de l'œuvre entreprise par notre Gouvernement? Un premier fait s'impose d'abord, dont nous pouvons nous féliciter : tandis qu'à cette première Conférence, six États étaient représentés officiellement, vingt-cinq États le sont aujourd'hui, et au lieu de seize délégués, nous en réunissons cinquante-six. Et puis nous nous réjouissons encore d'une autre chose; Goëthe a dit : Là où tu as été bien reçu une fois, ne reviens pas une seconde. Et nous venons pour la seconde fois là où nous fûmes il y a deux ans, et l'accueil que vous feront et l'Empire, et le *Reichsland* et la ville de Strasbourg, je puis vous l'assurer et vous le sentirez vous-mêmes, sera encore plus chaud et plus cordial que celui de 1904, qui a laissé un si agréable souvenir dans la mémoire de tous ceux qui étaient alors parmi nous. Cela veut dire que vous-mêmes vous avez laissé ici des souvenirs aimables, cela prouve que l'on apprécie nos efforts et notre travail ; le travail n'a manqué depuis lors ni à vous-mêmes, ni à nous. Et puisque vous nous visitez aujourd'hui, il me semble opportun de vous dire ce que nous avons fait depuis cette époque, non seulement dans le *Reichsland*, mais dans l'Allemagne tout entière. »

L'orateur a exposé ensuite comment l'Empire d'Allemagne a organisé sur une plus large base la station centrale sismologique de Strasbourg et par là même a donné une sérieuse impulsion aux études sismologiques en Allemagne. L'Empire allemand a aussi demandé par ses ambassadeurs et ses consuls que les pays étrangers envoyassent à la station centrale leurs nouvelles sismologiques, afin que les matériaux d'étude s'accrussent sans cesse. Ce n'est pas en Allemagne seulement d'ailleurs que la vie sismologique s'est activée, c'est partout. L'orateur fait connaître ce qui a été fait en ces dernières années dans cet ordre d'idées en Russie, en Autriche-Hongrie, en Espagne, en Portugal, en Belgique, au Japon et en Angleterre; il montre comment une véritable unité règne dans les installations nouvelles, malgré leur variété, car on y voit côte à côte, s'aidant et se soutenant mutuellement, les appareils allemands, italiens, anglais et japonais. Ce sont ces travaux, ajoutait-il, qui ont été le meilleur soutien des projets élaborés par la première Conférence. L'Association qu'elle a préconisée ne vise d'ailleurs aucune prépondérance, ne veut restreindre en rien la liberté de chacun. Au contraire, sa devise est : Unité dans la liberté et liberté dans l'unité ! Cependant, la sismologie a des devoirs à remplir qui ne peuvent être atteints que par l'action commune de tous les chercheurs, avec le soutien des Gouvernements; ces devoirs, l'orateur en développe à grands traits les lignes principales et justifie la création d'une Association internationale ayant un caractère officiel. C'est grâce même à ce caractère officiel que la sismologie pourra conserver des voies tout à fait indépendantes et la liberté la plus complète. Rattacher la sismologie à une autre science, à une autre activité scientifique, comme la géodésie, par exemple, serait une impossibilité, car, en théorie et en pratique, la sismologie forme une science bien séparée. « Et pour terminer, nous devons, Messieurs, envisager avec confiance les résultats de notre activité. Nous pouvons espérer arriver à réaliser cette union que la première Conférence sismologique a préconisée, parce qu'elle a pensé que c'était là la meilleure voie à suivre pour éclaircir le grand problème de la sismicité du Globe. Aussi je vous salue tous, Messieurs, que vous soyez ou les délégués des Gouvernements étrangers ou nos hôtes, en exprimant l'espoir que votre séjour parmi nous vous soit agréable, en exprimant surtout celui que nous puissions saluer le résultat de la deuxième Conférence avec le même plaisir que celui de la première. »

On passa ensuite à l'organisation des débats de la deuxième Conférence. M. le Prof^r Dr Wagner, délégué du Gouvernement prussien,

proposa de régler les bureaux des assemblées générales et des séances de commission de la manière suivante, qui fut adoptée séance tenante :

I^{re} Assemblée générale : *Présidents* : Son Exc. le Conseiller d'État Dr Backlund (Russie), le Conseiller d'État privé baron von Richthofen (Prusse) et le Prof^r Tanakadate (Japon).

II^e Assemblée générale : *Présidents* : Prof^r G. H. Darwin (Angleterre), Conseiller des mines Prof^r Dr Credner (Saxe), Prof^r E. Lagrange (Belgique).

III^e Assemblée générale : *Présidents* : Conseiller d'État privé Prof^r Dr Helmert (Prusse), Prof^r Dr Forel (Suisse), Prof^r Dr Radi von Kövesligethy (Hongrie).

IV^e Assemblée générale : *Présidents* : Prof^r Palazzo (Italie), Prof^r Dr Günther (Bavière), Prof^r Hildebranson (Suède).

1^{re} Commission : Son Excellence le Conseiller d'État Levitzky (Russie), le Directeur Mazelle (Autriche), Prof^r Dr Gerland (Allemagne).

2^e Commission : Prof^r J. Milne (Angleterre), Prof^r Dr Omori (Japon), Prof^r Dr Wiechert (Prusse).

3^e Commission : Prof^r Grablowitz (Italie), Directeur A. Lancaster (Belgique), Prof^r Schmidt (Würtemberg).

Les secrétaires de la Conférence et de toutes les séances étaient MM. les Prof^{rs} Rudolph et Weigand.

La proposition du délégué de la Prusse fut adoptée à l'unanimité. L'organisation des débats en quatre assemblées générales et la formation de trois commissions avait été prévue par les organisateurs de la Conférence, dont le *Règlement pour la II^e Conférence internationale sismologique à Strasbourg* avait été distribué aux membres. (Voir annexe II), le *Programme de la II^e Conférence sismologique* (annexe III) et le projet de *Convention concernant l'organisation des recherches sismologiques internationales* (annexe IV). Immédiatement après l'adoption de la proposition Wagner, le bureau de la première assemblée plénière fut constitué, ayant comme président et vice-présidents : MM. les Prof^{rs} Backlund, von Richthofen et Tanakadate.

Travaux de la II^e Conférence.

La première Assemblée (vendredi matin, 24 août) fut entièrement consacrée à la discussion du *Règlement de la Conférence*. Le Prof^r Dr Rudolph donnant lecture successivement des différents paragraphes de ce règlement, la discussion en était immédiatement faite. Il fut,

d'ailleurs, adopté dans l'ensemble, sauf quelques amendements qui n'en modifiaient pas sensiblement l'esprit. Tout d'abord, il fut admis que les débats porteraient sur trois points bien définis et en relation avec la création de l'*Association sismologique internationale*; ces trois points figurent au § 5 du projet de règlement. L'énumération de ces trois points nous permet de constater dès l'abord que la Conférence devait prendre un caractère d'organisation et non un caractère scientifique; les questions scientifiques, afin de ne pas allonger la durée de la Conférence, ne devaient y être traitées que dans leurs rapports plus directs avec l'organisation internationale des observations. Trois assemblées générales devaient être consacrées à la discussion du *Programme de la II^e Conférence*, et, en outre, trois *Commissions particulières* devaient entreprendre la discussion des points spéciaux les plus importants de ce programme et du projet de convention. Contrairement à ce qu'indiquait le *Règlement*, l'assemblée décida que tous les membres de la Conférence pourraient faire partie de chacune de ces trois Commissions. Cette manière d'agir a certes exercé la meilleure influence sur les débats, en permettant à chacun d'exprimer son opinion sur un point quelconque soumis aux délibérations, sans être arrêté par sa situation de délégué d'un Gouvernement de membre libre ou de simple savant spécialiste.

La première assemblée générale exprima également son opinion sur un point des plus importants. Les documents qui avaient été remis aux membres de la Conférence avant leur arrivée à Strasbourg ne permettaient que bien difficilement d'être fixé sur cette question : La II^e Conférence avait-elle pour but la constitution *effective* d'une Association sismique internationale, ou ne devait-il y être question que de la fixation définitive des statuts de l'Association projetée? Il faut chercher, à mon sens, la cause de cette indécision fondamentale, assez bizarre peut-on dire, simplement dans l'obscurité du texte français, qui pour un grand nombre de délégués faisait foi, et en outre dans la forme un peu complexe sous laquelle le programme était présenté. Quoi qu'il en soit, l'indécision existait en fait pour beaucoup; le Gouvernement belge s'était tenu sur la réserve et m'avait chargé de communiquer officiellement à la Conférence son intention de ne participer éventuellement à l'Association nouvelle qu'après rapport de ses délégués. La décision qui fut prise était d'ailleurs de nature à satisfaire tout le monde : il fut convenu que, conformément au projet de statuts élaboré en 1901, chaque État représenté à la Conférence n'aurait qu'une voix lorsque l'on passerait au vote sur la *Convention concernant l'organisation des recherches sismo-*

logiques internationales (Annexe IV), et en outre que les votes exprimés n'engageraient nullement les États. Mes collègues, délégués comme moi du Gouvernement belge, me firent l'honneur de me demander de bien vouloir exprimer notre vote unique; je suis heureux de trouver l'occasion de pouvoir leur témoigner ici toute ma reconnaissance d'avoir reconnu par cette démarche les faibles efforts que j'ai pu faire, depuis 1900, pour introduire dans notre pays les études et les observations sismologiques.

La *deuxième Assemblée générale* se réunit le samedi 25 juillet, à 9 heures. Le bureau était formé de MM. G.-H. Darwin, Credner, E. Lagrange. Elle continua la discussion générale du *Programme* et par les points indiqués au paragraphe second sous le titre de : *Thèmes scientifiques et observations de l'Association*. L'examen du programme lui-même permettra au lecteur de se rendre compte directement des différentes observations signalées à l'attention de la Conférence et susceptibles de donner lieu à des travaux d'ordre général et international. Il nous paraît donc inutile de les rééditer ici. Le peu de temps dont la Conférence disposait ne permettait d'ailleurs aux orateurs que de développer d'une manière très succincte leur pensée, et, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire, il avait été convenu que les questions d'intérêt scientifique sans rapport direct avec le but de l'Association nouvelle seraient autant que possible écartées. On entendit donc successivement un grand nombre de communications plus ou moins écourtées sur les différents points que signalent les thèmes scientifiques du *Programme*. Nous citerons notamment les communications des professeurs Omori, Wiechert, Mazelle, Milne, Levitzky, Kösveligethy, Tanakate, Darwin, Montessus de Ballore, Cancani, Günther, Börgen, etc. Le mémoire de M. Montessus de Ballore était consacré à la création d'une carte sismique du monde. On sait comment les travaux poursuivis depuis de si nombreuses années par ce savant lui ont suggéré l'idée de cette œuvre grandiose, dont il demandait à l'Association nouvelle de vouloir bien prendre le patronage. Nous avons eu l'occasion alors de présenter après lui à l'assemblée le projet d'une *Carte mondiale du volcanisme*, dont la création a été proposée par le *Comité géophysique* créé chez nous l'année passée pour l'étude générale des phénomènes météorologiques et endogènes qui rendent si caractéristique la période que nous traversons (1901-1905) et dont le centre paraît être l'agitation sismique des Antilles (1902). Ce projet avait été particulièrement étudié par l'éminent géographe M. Élisée Reclus, membre de notre Comité géophysique, et au nom de ce Comité,

nous avons été chargé de le présenter à la Conférence. N'oublions pas aussi de mentionner qu'au cours de cette deuxième assemblée générale, à la suite d'une communication de M. Günther sur les observations des mistpoeffers, M. Darwin, qui présidait, saisit l'occasion, en rappelant les « Barisal guns », de rappeler aussi que l'attention du monde savant avait été, dans ces dernières années, appelée tout spécialement sur ces phénomènes par M. E. Van den Broeck. M. Darwin considérait d'ailleurs comme très plausible l'origine endogène de certains de ces bruits mystérieux et appelait à son tour, comme M. S. Günther, l'attention sur leur étude.

La troisième Assemblée générale se réunit le lundi 27 juillet. Il s'agissait d'y voter la *Convention*, qui avait été discutée en commission. Les débats furent des plus animés, et finalement, après trois heures de discussion, consacrées d'une part à la rédaction du texte même de la Convention, ainsi qu'à la présentation de nombreux amendements, la *Convention* fut votée unanimement par les délégués de vingt États : Allemagne, Argentine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chili, État du Congo, Espagne, États-Unis d'Amérique, Grande-Bretagne, Hongrie, Japon, Italie, Mexique, Pays-Bas, Portugal, Roumanie, Russie, Suède et Suisse. Nous pouvons avouer que la Belgique, par la voix de ses divers délégués et notamment par celles de MM. Lecointe et Goedseels, a pris une part importante à l'élaboration du texte de cette Convention, dont MM. Forel (Suisse) et Lecointe ont été chargés de rédiger d'une manière définitive le texte français.

Enfin la IV^e Assemblée générale se réunit le mardi 28 juillet et forma séance de clôture. On y ratifia les procès-verbaux et les décisions des trois commissions, dont il nous reste à dire quelques mots.

La I^{re} Commission avait été chargée de discuter la partie la plus importante du programme, celle relative à la *Convention* proposée. Elle se réunit le vendredi à 2 heures et nomma comme rapporteur M. le Prof^r Dr Wagner (Prusse).

Les discussions auxquelles donnèrent lieu certains articles de la Convention furent des plus vives; la fixation notamment de la contribution pécuniaire à demander aux États souleva un vif débat, mais le chiffre proposé par l'Allemagne fut définitivement accepté (20,000 marks).

Un point de la Convention intéressait vivement les sociétés scientifiques et notamment les deux Sociétés belges de Géologie et d'Astronomie, auxquelles la science sismologique doit tant.

L'article 4 de la Convention discutée soulevait la question des rapports futurs de l'Association avec les sismologues n'ayant pas d'attaches officielles. M. le Directeur Lecointe appuya fortement la proposition que cet article faisait en faveur de ces savants. Il m'a paru, à ce moment, opportun de signaler à la Conférence le rôle important que certaines sociétés, comme la Société belge de Géologie notamment, ont joué, avant la création de l'Association projetée, dans le domaine des sciences sismologiques. J'ai rappelé ce que la Société belge de Géologie avait fait chez nous dans cet ordre d'idées et j'ai demandé que les Sociétés ayant des titres comme la nôtre fussent autorisées à envoyer un délégué officiel aux assemblées générales. Cette proposition a été admise par la Conférence.

La III^e Commission tint sa séance le lundi matin 27 juillet. Elle s'occupa de l'organisation des observations dans différents pays, du choix des instruments, etc. M. Spas Watzof (Bulgarie) rappela à cette occasion combien il serait important que le service autrefois organisé (1895) par M. Agamennone, en Turquie, fût rétabli; en attendant, les stations centrales d'Athènes et de Sofia pourraient envoyer aux écoles bulgares et grecques de la Turquie d'Europe d'utiles instructions rédigées sur un plan commun. M. Watzof recommande encore Salonique comme le lieu le plus favorable à l'érection d'une station sismologique nouvelle.

M. Günther fit aussi exprimer, par la II^e Conférence, le vœu que les conférences suivantes portent leur attention toute particulière sur la situation géologique (tectonique) des stations et sur leur hauteur au-dessus du niveau de la mer.

La II^e Commission enfin, qui n'eut à examiner que quelques-uns des thèmes scientifiques, se réunit le mardi matin, avant la séance de clôture.

Résultats.

La *Convention concernant l'organisation des recherches sismologiques internationales* (Annexe IV) constitue le résultat effectif des travaux de la II^e Conférence sismologique internationale. Son texte seul n'est pas définitif, mais l'organisation générale qu'elle indique pour l'Association sismologique internationale subsiste. Nous l'examinerons dans son ensemble.

L'Association sismologique internationale a un but précis qui est indiqué par l'article I de la Convention.

L'*Association* a pour objet les recherches tendant à la solution de tous les problèmes de la sismologie, solution qui n'est possible qu'avec le concours de nombreuses stations sismologiques distribuées sur différents points de la terre. Elle devra donc fixer les principes communs des travaux, recommander l'exécution d'observations générales, fonder des observatoires dans certains pays et, enfin, organiser un Bureau pour la centralisation des résultats et pour leur publication.

Trois organes sont destinés à réaliser ces desiderata : l'*Assemblée générale*, qui se réunira au moins tous les quatre ans et dans laquelle, pour les questions administratives, chaque État n'aura qu'une voix, quel que soit le nombre de ses délégués. Pour les questions scientifiques, tous les membres de l'Assemblée, quels qu'ils soient, — et nous avons vu notamment que les Sociétés qui s'occupent de sismologie pourront y envoyer des délégués, — seront placés sur le même rang, ce qui assure en même temps le bon fonctionnement administratif de l'Association et respecte les droits de la Science. Le rôle de l'Assemblée générale sera d'examiner les questions nouvelles, tant d'ordre administratif que d'ordre scientifique; elle est réunie à l'intervention du second organe de l'Association, qui en est une émanation permanente : c'est la *Commission permanente*. Cette dernière comprendra un membre par État ayant donné son adhésion à l'Association sismologique internationale.

La *Commission permanente* a pour mission de procéder à l'exécution des affaires courantes par les moyens qui lui semblent les plus convenables; son Secrétaire général aura des fonctions ayant un caractère purement administratif.

Le troisième organe de l'Association est le plus important. Il a également une existence permanente. C'est le *Bureau central*. La II^e Conférence a décidé qu'il se confondrait avec l'*Institut de sismologie de Strasbourg*. C'est là évidemment la juste reconnaissance de l'initiative prise par l'Empire d'Allemagne dans la création de l'Association scientifique nouvelle. Cette décision aura aussi l'heureux résultat de mettre à la tête de ce Bureau central le savant qui a eu l'idée première de l'œuvre et qui en a, depuis plusieurs années, poursuivi l'organisation avec l'énergie la plus admirable : M. le Prof^r Gerland. Le Bureau central sera l'âme de l'Association sismologique internationale, parce qu'il en dirigera en fait la marche scientifique. C'est le *Bureau central de Strasbourg* qui sera chargé de la centralisation des documents; c'est au Bureau central que pourront s'exécuter toutes les observations, toutes les études d'instruments nouveaux, sous la direc-

tion d'un maître éminent et avec la collaboration d'hommes comme MM. les Prof^{rs} Rudolph et Weigand.

Enfin, un dernier mot : il est relatif à la question pécuniaire. Pour réaliser dès maintenant la création nouvelle, pour lui faire porter des fruits sérieux, la Conférence a estimé qu'une somme annuelle de 25,000 francs était suffisante ; presque tous les États, en effet, possèdent déjà à l'heure actuelle des observatoires sismologiques, ou sont disposés à en créer à bref délai. Cette somme, relativement faible, ne devra donc être affectée qu'à la publication des travaux généraux entrepris sous l'impulsion de l'Association et à l'entretien du Bureau central. Plus tard, on verra s'il y a lieu de l'augmenter. Il semble d'ailleurs bien certain que la fixation d'une somme considérable comme débours annuel à verser par chaque État eût pu, dès l'origine, alors que la sismologie ne fait en quelque sorte que naître au monde scientifique, entraver le développement de l'Association nouvelle. Les conditions, au contraire, dans lesquelles la création de l'Association sismologique internationale sera présentée à tous les Gouvernements par le Gouvernement de l'Empire d'Allemagne rendent des plus certaines une adhésion quasi unanime, qui a déjà été obtenue des délégués de ces États, tout au moins sous une forme scientifique. La question des dépenses ne jouant plus qu'un rôle insignifiant, on doit espérer que dès maintenant l'œuvre peut être considérée comme accomplie. C'est du moins l'impression qu'ont remportée tous les hommes de science qui ont assisté à la II^e Conférence sismologique internationale de Strasbourg.

E. LAGRANGE.

ANNEXE I.

Les résolutions générales les plus importantes de la première Conférence sismologique internationale.

1. La Conférence de sismologie, réunie à Strasbourg, considérant le grand intérêt que présente une action commune dans l'ensemble du monde, recommande la création d'une Association des États pour l'exécution de certaines tâches qui ne peuvent être menées à bien par l'initiative individuelle ou régionale, et prie le haut Gouvernement de l'Empire allemand de faire les démarches préparatoires pour *amener* à un traité d'association.

(*Compte rendu*, p. 104. Cinquième séance de la Conférence.)

2. La fondation d'une Société internationale de sismologie est repoussée ; les statuts sont, de ce fait, abandonnés. La Commission recommande la

fondation d'une Association internationale. Le Gouvernement Impérial allemand doit, à cette fin, entamer des négociations avec les États étrangers. Comme point de repère pour ces négociations, il sera soumis aux États un projet de statuts s'inspirant des dispositions adoptées pour la mensuration internationale du Méridien, et dans lesquels seront précisées les fonctions des principaux organes de l'Association.

(*Compte rendu*, p. 84. Première séance de la sous-commission nommée pour l'élaboration du projet de statuts.)

3. Le projet de statuts d'une Association sismologique internationale des États, présenté par la sous-commission nommée pour l'élaboration de ce projet de statuts, est adopté en bloc dans la teneur que lui a donnée la sous-commission pour le présenter à l'approbation éventuelle des États.

(*Compte rendu*, p. 104. Cinquième séance de la Conférence.)

4. La première Conférence de la Commission permanente de sismologie, siégeant à Strasbourg, exprime le désir que dans l'indication de l'heure pour les publications sur les tremblements de terre, on prenne pour base l'heure de Greenwich.

(*Compte rendu*, p. 91. Troisième séance.)

5. La Conférence sismologique de Strasbourg, pour donner suite aux résolutions et projets présentés et adoptés pour l'étude internationale des phénomènes sismiques, en attendant la désignation du Bureau central définitif, qui sera faite par l'Assemblée générale compétente, décide de charger provisoirement des fonctions du Bureau central international la Station impériale de recherches sismiques à Strasbourg, sous la direction du Prof^r Dr Gerland.

(*Compte rendu*, p. 106. Cinquième séance de la Conférence.)

6. La première Conférence de la Commission internationale de sismologie, siégeant à Strasbourg, verrait avec un vif plaisir qu'une station sismologique fût fondée à Aix-la-Chapelle et reliée à l'Observatoire météorologique de cette ville.

(*Compte rendu*, p. 95. Troisième séance.)

7. M. le Prof^r W. Kilian, de Grenoble, a soumis par écrit le vœu suivant à la Conférence :

La première Conférence de la Commission permanente sismologique du VII^e Congrès international de géographie émet le vœu qu'il soit créé en France au moins trois stations sismologiques munies d'un outillage satisfaisant et permettant d'effectuer des observations suivies et méthodiques sur la vitesse de propagation des secousses sismiques.

Ces stations pourraient être placées à Paris, Clermont-Ferrand et Grenoble.

A l'unanimité, la Conférence s'associe à ce vœu.

(*Compte rendu*, p. 96. Troisième séance.)

ANNEXE II.

Règlement pour la II^e Conférence internationale sismologique à Strasbourg (Alsace).

§ 1. — *Membres.*

Sont membres de la Conférence :

- a) Les délégués officiels des Gouvernements étrangers, de l'Empire d'Allemagne et des États confédérés allemands ;
- b) Le comité local strasbourgeois ;
- c) Les savants spécialement invités par le comité local.

§ 2. — *Bureau.*

Le Bureau de la Conférence se compose de :

- a) Un président ;
- b) Un vice-président ;
- c) Deux secrétaires.

Les secrétaires sont nommés pour toute la durée de la session.

Le président et le vice-président sont à réélire pour chaque séance. L'élection pour le lendemain a lieu à la fin de chaque séance.

Les président et vice-président sortants ne sont pas rééligibles pour la séance suivante.

§ 3. — *Présidence.*

Le président ou, à son défaut, le vice-président dirige les débats ; avec le concours des secrétaires, il fait connaître aux membres de la Conférence l'ordre du jour et les propositions à discuter ; il dirige le vote et en proclame le résultat.

§ 4. — *Séances.*

Les délibérations se feront en *séances plénières* et en *séances de commissions*.

A) *Séances plénières.*

Les séances plénières sont publiques. Tous les membres de la Conférence ont le droit d'y prendre part.

B) *Séances des commissions.*

Trois commissions seront formées pour débattre certaines questions particulièrement importantes. La composition des commissions se réglera sur l'objet des délibérations (voir § 5) assigné par la Conférence à chacune des commissions.

§ 5. — *Objet des délibérations.*

Les délibérations comprendront :

- a) Toutes les questions ayant trait à la constitution de l'Association sismologique internationale ;
- b) Toutes les questions purement scientifiques relatives à l'étude des tremblements de terre, en tant qu'elles doivent rentrer dans l'ordre d'observations de l'Association (v. Programme II, 1, *a-d*) ;
- c) Toutes les questions intéressant l'organisation des observations internationales.

§ 6. — *Commissions.*

La *première commission* aura la tâche de traiter à fond l'objet des délibérations indiqué au paragraphe 5, à la lettre *a*.

Seront membres de la première commission, les délégués officiels des États étrangers et les délégués officiels de l'Empire d'Allemagne.

Quelques-unes d'entre les questions résumées au § 5, à la lettre *b*, pourront être assignées à la *deuxième commission*, qui les examinera et en fera le rapport.

Seront membres de la deuxième commission, les savants spécialistes.

Les questions citées au § 5, à la lettre *c* et relatives à l'organisation internationale des observations seront réservées à la *troisième commission*.

Chacun des États participants sera représenté dans cette commission par un délégué spécialiste.

En outre, le directeur de la Station impériale centrale pour l'étude des tremblements de terre à Strasbourg et ses deux assistants seront membres de chacune des trois commissions.

§ 7. — *Motions.*

Toutes les motions relatives à une des questions énumérées au paragraphe 5, *a-c*, devront être adressées par écrit au président en exercice.

§ 8. — *Votes.*

Dans toutes les questions constitutives, seuls les délégués officiels des États étrangers et de l'Empire d'Allemagne auront le droit de vote. Pour le vote, chaque État ne disposera que d'une voix.

Dans les questions scientifiques et dans celles qui ont trait à l'organisation internationale des observations, tous les membres de la Conférence auront le droit de vote au scrutin définitif.

§ 9. — *Assemblée générale.*

La II^e Conférence sismologique internationale est considérée comme première Assemblée générale. Il est expressément réservé aux délégués ayant droit de vote des États qui feront partie de l'Association de se prononcer sur ce point.

ANNEXE III.

Programme de la II^e Conférence internationale de sismologie de Strasbourg (Alsace), 24-28 juillet 1903.

I. — DÉBATS CONSTITUTIFS.

1. *Ordre du jour de la Conférence.*

- a) Constitution du bureau. Disposition extérieure de la Conférence, des séances ; fixation de l'ordre du jour.
- b) Discussion sur le degré d'étendue du pouvoir de chacun des délégués, ainsi que sur son droit de vote.

2. *Constitution de l'Association internationale d'États.*

Obligations incombant à chacun des États faisant partie de l'Association (organisation d'État du service sismologique national, création de sections et d'un bureau central, envoi de leurs rapports au Bureau central international).

3. *Mise en délibération du projet de statuts.*

- a) Discussion sur les organes de l'Association.
 - α) L'Assemblée générale.
 - β) La Commission permanente. Sa composition, sa mission, ses pouvoirs, ses délibérations, son personnel.
 - γ) Le Secrétaire général. Ses position, attributions, résidence, rétribution annuelle.
 - δ) Le Bureau central. Organisation, attributions, publications, ses rapports avec les différents États.

b) Utilisation et réglementation des cotisations versées par les États associés, dans un but d'intérêt international.

c) Travaux ou entreprises d'ordre scientifique et pratique que l'Association pourrait assigner aux différents États, ou à leurs bureaux centraux.

4. *Élection du Bureau central.*

5. *Constitution de la Commission permanente.*

II. — THÈMES SCIENTIFIQUES ET OBSERVATIONS DE L'ASSOCIATION.

1. *Étendue des observations* présentant une importance toute particulière pour les recherches internationales communes.

a) Mouvements qui ne sont pas produits par des tremblements de terre : mouvements généraux de toute une partie de la surface terrestre, mouvements ralentis de ces mêmes parties.

α) Les mouvements microsismiques de surface (tremors).

β) Les pulsations de la terre ou oscillations pulsationiques.

γ) Les variations de niveau (variations du fil à plomb).

Pour α — γ , il faudra déterminer :

1. Les lieu, date et durée de leur production ;

2. Les causes de leur production.

b) Mouvements causés par des tremblements de terre et d'une courte durée, qui, sans être fréquents, se produisent cependant de temps en temps.

α) Les mouvements macrosismiques, les tremblements de terre directement perceptibles.

Recherches, travaux :

Détermination de l'épicentre, du point de départ des secousses du tremblement de terre ;

Profondeur du foyer ;

Chronométrie de leurs durée et fréquence, périodicité éventuelle, les causes des tremblements de terre ;

Les grondements dont les tremblements de terre sont fréquemment accompagnés ;

Détermination géographique des principaux centres de secousses ;

Enregistrement cartographique des phénomènes géographiques-sismiques (carte sismique universelle).

β) Les tremblements océaniques. Pose et observation de flotteurs-enregistreurs sur certains points élus pour ce but.

γ) Les mouvements télésismiques, la continuation microsismique des secousses macrosismiques.

Détermination, dans le plus grand nombre de stations possible, du moment exact où ils se produisent, à l'effet de faciliter le calcul du point initial de ces mouvements.

c) Les troubles sismiques des instruments magnétiques.

d) Utilité de la sismologie pour la solution de questions pratiques, son application à ces questions.

Étude du terrain à bâtir; mode de construction des maisons, des ponts, des maçonneries en voûte, des chemins de fer, etc. Recherches sur le grisou, dans les mines.

2. *Catégorie des observations, manière d'y procéder.*

a) L'adoption d'une échelle d'intensité, d'emploi général, pour les observations, tant macrosismiques que microsismiques.

b) Fixation du calcul du temps pour les observations sismiques internationales.

c) L'installation et la répartition, d'après les principes généraux, des stations d'observations sismiques dans les différents pays. Position, champ d'activité des stations locales. Installation d'une station centrale dans chaque État.

d) Groupement, remaniement et centralisation des rapports fournis sur les tremblements de terre par les différents pays.

e) Le choix des instruments d'observation pour les stations.

f) Accord sur un schéma international de questions sismologiques, sur leur distribution et la manière d'y répondre.

ANNEXE IV.

Convention concernant l'organisation des recherches sismologiques internationales. — Juillet 1903.

ARTICLE PREMIER.

L'Association a pour objet les problèmes de la sismologie, dont la solution n'est possible qu'avec le concours de nombreuses stations sismologiques distribuées sur différents points de la terre.

Pour atteindre ce but, les principaux moyens sont :

- a) Observations d'après des principes communs ;
- b) Expérience sur des questions d'une importance toute particulière ;
- c) Fondation et entretien d'observatoires sismiques dans tous les pays qui auraient besoin des subventions de l'Association ;
- d) Organisation d'un Bureau central pour la réunion, l'étude, le groupement et la publication des rapports envoyés par les différents pays.

ART. 2.

Sont membres de l'Association tous les États qui ont donné leur adhésion.

L'admission dans l'Association a lieu sur demande adressée au président de la Commission permanente.

ART. 3.

Les organes de l'Association sont :

- a) L'Assemblée générale ;
- b) La Commission permanente ;
- c) Le Bureau central.

ART. 4.

Les États, membres de l'Association, s'engagent à lui verser des contributions annuelles

Le total des contributions annuelles s'élève à 25,000 francs (ou 20,000 marks) au minimum.

Le versement des contributions se fera par les représentants diplomatiques des États, membres de l'Association, à la caisse de la Légation de Berlin.

ART. 5.

Les contributions annuelles sont fixées aux montants proportionnels suivants :

- a) L'État avec une population de moins de cinq millions d'habitants versera une contribution annuelle de 500 francs (ou 400 marks).
- b) L'État avec une population de cinq à dix millions d'habitants versera une contribution annuelle de 1,000 francs (ou 800 marks).
- c) L'État avec une population de dix à vingt millions d'habitants versera une contribution annuelle de 2,000 francs (ou 1,600 marks).
- d) L'État avec une population de plus de vingt millions d'habitants versera une contribution annuelle de 4,000 francs (ou 3,200 marks).

Le montant des contributions annuelles des États n'est pas modifié par l'admission de nouveaux États comme membres de l'Association. L'État nouvellement admis payera une contribution annuelle correspondante au chiffre de sa population.

ART. 6.

L'*Assemblée générale* se compose des délégués des États, membres de l'Association. Elle se réunit au moins tous les quatre ans. Elle est convoquée par le président de la Commission permanente et avec l'assentiment de celle-ci. Le président de la Commission permanente peut être également président de l'*Assemblée générale*.

A leur demande, des Sociétés, Académies et Instituts scientifiques qui s'occupent de sismologie peuvent être autorisés par le président de la Commission permanente à faire participer des délégués, avec voix consultative, à l'*Assemblée générale*.

Ont en outre accès à l'*Assemblée générale*, les personnes qui sont invitées par le président de la Commission permanente.

ART. 7.

Dans les scrutins de l'*Assemblée générale* qui touchent à la constitution de l'Association ou à des décisions d'ordre administratif, chaque État de l'Association, représenté par un ou plusieurs délégués, ne dispose que d'une voix.

Les États qui n'ont pas envoyé à l'*Assemblée générale* peuvent confier leur droit de vote à l'un des délégués présents; toutefois aucun des délégués présents ne pourra accepter plus d'une représentation de ce genre.

Pour qu'une décision soit valable, il faut que les délégués d'au moins la moitié des États, membres de l'Association, soient présents.

ART. 8.

L'*Assemblée générale* pourra nommer des commissions pour l'examen de questions scientifiques. Chaque délégué sera libre d'y prendre part.

La majorité absolue de tous les délégués présents décidera dans les scrutins de l'*Assemblée générale* ayant trait aux affaires scientifiques de l'Association.

ART. 9.

Dans les cas douteux ou d'ordre mixte, le vote se fera par États (voir l'article 7) dès qu'un délégué d'un État en fera la demande.

ART. 10.

Dans les cas d'égalité des voix, soit dans les votes par État, soit dans les votes par délégués, c'est la voix du Président qui départage.

ART. 11.

La *Commission permanente* se compose du directeur du Bureau central et du membre nommé par chaque État à cette fonction.

La Commission permanente élit dans son sein son président et son vice-président.

Les fonctions de président de la Commission permanente et celles de directeur du Bureau central ne pourront pas être simultanément remplies par la même personne.

La correspondance du président de la Commission avec les Gouvernements intéressés se fera par l'entremise de leurs représentations diplomatiques à Berlin.

La Commission permanente procède à l'expédition des affaires courantes en séances ou par correspondance, au gré des besoins. Elle établit elle-même son Règlement.

La Commission permanente veille à l'exécution des résolutions de l'Assemblée générale et surveille l'emploi des crédits.

ART. 12.

Les sommes versées par les États, membres de l'Association, et les autres recettes sont employées :

- a) Pour les frais de publication et d'administration de l'Association ;
- b) Pour l'indemnité à attribuer au Secrétaire général ;
- c) Pour les subventions ou rémunérations de travaux théoriques ou d'expériences qui auront été ordonnés par l'Assemblée générale ;
- d) Pour la fondation et l'entretien des observatoires sismologiques fondés par l'Association, et dont les observations sont d'intérêt général pour l'étude des phénomènes sismiques.

La répartition des crédits affectés à ces différents postes se fait par la Commission permanente.

L'emploi des sommes versées se fera sous la responsabilité du Directeur du Bureau central et sous le contrôle de la Commission permanente.

Tous les paiements se font par le Directeur du Bureau central sur le mandat du Président de la Commission permanente.

Les paiements sur le budget de l'Association se font par le directeur du Bureau central sur mandat du président de la Commission permanente ou, en cas d'empêchement de ce dernier, sur mandat du vice-président.

La justification de l'emploi des contributions et des autres recettes sera publiée dans les procès-verbaux des séances de la Commission permanente.

ART. 13.

Le *Bureau central* est relié à la Station centrale de sismologie à Strasbourg de telle manière que le directeur de celle-ci remplit les fonctions de directeur du Bureau central et que les collaborateurs et les ressources de la Station centrale sont à la disposition du Bureau central.

Le Bureau central recueille les rapports fournis par les différents pays; il en donne des résumés généraux.

ART. 14.

Le directeur du Bureau central devra présenter annuellement au Bureau de la Commission permanente un rapport embrassant tout le champ d'activité de ce Bureau. Il devra encore lui soumettre le plan des travaux pour l'année suivante. Le rapport ainsi que le plan des travaux devront être imprimés et adressés à tous les délégués des États, membres de l'Association.

Le Secrétaire général présente à chaque Assemblée générale un rapport sur les travaux et la situation de l'Association. *Il devra, en outre, publier les procès-verbaux des séances de la Commission permanente, les délibérations des Assemblées générales, ainsi que les travaux qui pourront être exécutés au nom de l'Association (voir art. 1^{er}, alinéa 2, b); il est chargé aussi de la correspondance et s'occupe en général des affaires courantes de l'Association, sous la direction du président de la Commission permanente et de concert avec le directeur du Bureau central.*

ART. 15.

La présente convention est conclue pour une durée de douze ans à partir du 1^{er} avril 1904. Elle restera obligatoire pour chacun des États participants pour des périodes de quatre ans, à moins de dénonciation six mois avant l'échéance de ces périodes.

LISTE ALPHABÉTIQUE

des Membres de la II^e Conférence sismologique internationale

STRASBOURG 1903

N ^{os} d'ordre.	NOMS.	PROFESSIONS.	OBSERVATIONS.	LIEUX D'HABITATION.
1	Aguilera.	Professeur.	Délégué du Mexique.	Mexico.
2	D ^r Albrecht.	Conseiller ministériel.	.....	Strasbourg.
3	D ^r P. Åkerblom.	Assistant à l'Institut météorologique d'Upsal.	.....	Upsal.
4	Back.	Sous-secrétaire d'État, bourgmestre de Strasbourg.	.....	Strasbourg.
5	von Bagenski.	Général Chef d'État-major du XV ^e Corps.	.....	Id.
6	A.-C. Backlund.	Directeur de l'Observatoire de Pulkova.	Délégué de la Russie.	Saint-Pétersbourg.
7	P. Ballif.	Architecte.	.....	Serajewo.
8	D ^r Becker.	Directeur de l'Observatoire.	Délégué de l'Alsace-Lorraine.	Strasbourg.
9	D ^r C. Börgen.	Professeur Conseiller de l'Amirauté.	Délégué de l'Administration de la Marine.	Wilhemshaven.
10	Ch. Zorn von Bulach.	Sous-secrétaire d'État.	.....	Strasbourg.

N ^{os} d'ordre	NOMS.	PROFESSIONS.	OBSERVATIONS.	LIEUX D'HABITATION.
41	A. Cancani.	Professeur à l'Observatoire.	Délégué de l'Administration de la Marine.	Rome.
42	P. A. Chaves.	Chef de l'Institut météorologique.	Délégué du Portugal.	Ponta Delgada.
43	R. Cirera.	Ex-chef du service magnétique à Manille.		San Fernando.
44	D ^r Credner.	Ingénieur en chef des mines, Directeur du Service géologique.	Délégué de la Saxe.	Leipzig.
45	Dall.	Chef de la police.		Strasbourg.
46	D ^r von Danckelman.	Conseiller d'État.	Délégué des Colonies.	Berlin.
47	Dombois.	Id.	Délégué de l'Administration du Trésor.	Id.
48	G. H. Darwin.	Professeur.		Cambridge.
49	Dieckmann.	Directeur de cercle.		Schlettstadt.
20	Eissen.	Vice-président de la Chambre de commerce.		Strasbourg.
21	D ^r Esser.	Conseiller privé.		Id.
22	D ^r Euting.	Directeur de la bibliothèque de l'Université.		Id.
23	Folie.	Membre de l'Académie de Belgique.	Délégué de la Belgique.	Bruxelles.
24	D ^r F.-A. Forel.	Professeur à l'Université de Lausanne.	Délégué de la Suisse.	Morges.
25	D ^r Forster.	Recteur de l'Université.		Strasbourg.
26	D ^r Gerland.	Directeur de l'Institut sismologique.	Délégué de l'Administration impériale.	Id.
27	D ^r Gerland.	Privat docent.		Iéna.

30	Gross.	Secrétaire de l'Université.	.....	Strasbourg.
31	G. Grablowitz.	Directeur de l'Institut géodynamique.	Délégué de l'Italie.	Casamicciola.
32	Guérard.	Directeur ministériel.	.....	Strasbourg.
33	D. Guevara.	Ingenieur.	Délégué du Chili.	Paris.
34	Gümbel.	Ingenieur des forêts.	.....	Schlettstadt.
35	Dr S. Günther.	Professeur à la Hochschule.	Délégué de la Bavière.	Münich.
36	Dr Gunzert.	Conseiller d'État.	.....	Strasbourg.
37	Dr M. Haid.	Conseiller privé et professeur.	Délégué de Baden.	Karlsruhe.
38	Halm.	Président de cercle.	.....	Strasbourg.
39	Dr Hauthal.	Professeur.	Délégué de l'Argentine.	Buenos-Aires.
40	Hecker.	Professeur à l'Institut géodésique.	.....	Potsdam.
41	Dr Helmert.	Directeur de l'Institut géodésique.	Délégué de la Prusse.	Id.
42	S.-C. Hepites.	Directeur du Service météorologique.	Délégué de la Roumanie.	Bucharest.
43	Dr H. Hildebrandsson.	Professeur à l'Université.	Délégué de la Suède.	Upsal.
44	Hochapfel.	Conseiller d'État.	.....	Strasbourg.
45	Comte von Holstein.	Major.	.....	Id.
46	Illing.	Conseiller d'État.	.....	Id.
47	Jahnike.	Inspecteur des constructions.	.....	Id.
48	Dr Kautz.	Conseiller privé.	Délégué de l'Administration impériale.	Berlin.
49	von Köller.	Ministre d'État, secrétaire d'État.	.....	Strasbourg.

Nos d'ordre	NOMS.	PROFESSIONS.	OBSERVATIONS.	LIEUX D'HABITATION.
11	A. Cancani.	Professeur à l'Observatoire.	Délégué de l'Administration de la Marine.	Rome.
12	P. A. Chaves.	Chef de l'Institut météorologique.	Délégué du Portugal.	Ponta Delgada.
13	R. Cirera.	Ex-chef du service magnétique à Manille.	.....	San Fernando.
14	D ^r Credner.	Ingénieur en chef des mines, Directeur du Service géologique.	Délégué de la Saxe.	Leipzig.
15	Dall.	Chef de la police.	.....	Strasbourg.
16	D ^r von Danckelman.	Conseiller d'État.	Délégué des Colonies.	Berlin.
17	Dombois.	Id.	Délégué de l'Administration du Trésor.	Id.
18	G. H. Darwin.	Professeur.	.....	Cambridge.
19	Dieckmann.	Directeur de cercle.	.....	Schlettstadt.
20	Eissen.	Vice-président de la Chambre de commerce.	.....	Strasbourg.
21	D ^r Esser.	Conseiller privé.	.....	Id.
22	D ^r Euting.	Directeur de la bibliothèque de l'Université.	.....	Id.
23	Folie.	Membre de l'Académie de Belgique.	Délégué de la Belgique.	Bruxelles.
24	D ^r F.-A. Forel.	Professeur à l'Université de Lausanne.	Délégué de la Suisse.	Morges.
25	D ^r Forster.	Recteur de l'Université.	.....	Strasbourg.
26	D ^r Gerland.	Directeur de l'Institut sismologique.	Délégué de l'Administration impériale.	Id.
27	D ^r Gerland.	Privat docent.	.....	Iéna.
28	Ch. Hentschel.	Lieutenant général.	.....	Strasbourg. Louvain.
29	Goedseels.	Professeur à l'Université de Louvain.	Délégué de la Belgique.	Strasbourg.
30	Gross.	Secrétaire de l'Université.	.....	Casamiciola.
31	G. Grablowitz.	Directeur de l'Institut géodynamique.	Délégue de l'Italie.	Strasbourg
32	Guérard.	Directeur ministériel.	.....	Paris.
33	D. Guevara.	Ingénieur.	Délégué du Chili.	Schlettstadt.
34	Gümbel.	Ingénieur des forêts.	.....	Münich.
35	D ^r S. Günther.	Professeur à la Hochschule.	Délégué de la Bavière.	Strasbourg.
36	D ^r Gunzert.	Conseiller d'État.	.....	Karlsruhe.
37	D ^r M. Haid.	Conseiller privé et professeur.	Délégué de Baden.	Strasbourg.
38	Halm.	Président de cercle.	.....	Buenos-Aires.
39	D ^r Hauthal.	Professeur.	Délégué de l'Argentine.	Potsdam.
40	Hecker.	Professeur à l'Institut géodésique.	.....	Id.
41	D ^r Helmert.	Directeur de l'Institut géodésique.	Délégué de la Prusse.	Bucharest.
42	S.-C. Hepites.	Directeur du Service météorologique.	Délégué de la Roumanie.	Upsal.
43	D ^r H. Hildebrandsson.	Professeur à l'Université.	Délégué de la Suède.	Strasbourg.
44	Hochapfel.	Conseiller d'État.	.....	Id.
45	Comte von Holstein.	Major.	.....	Id.
46	Hiling.	Conseiller d'État.	.....	Id.
47	Jahnike.	Inspecteur des constructions.	.....	Berlin.
48	D ^r Kautz.	Conseiller privé.	Délégué de l'Administration impériale.	Strasbourg.
49	von Köller.	Ministre d'État, secrétaire d'État.	.....	

N ^{os} d'ordre.	NOMS.	PROFESSIONS.	OBSERVATIONS.	LIEUX D'HABITATION.
50	Dr Radó von Kövesligethy.	Professeur à l'Université.		Budapest.
51	Dr Thege von Konkoly.	Directeur de l'Institut météorologique.	Délégué de la Hongrie.	Id.
52	E. Lagrange.	Professeur à l'École militaire.	.....	Bruxelles.
53	A. Lancaster.	Membre de l'Académie de Belgique.	Délégué de la Belgique et du Congo.	Id.
54	Lecoq.	Directeur du Service astronomique.	Délégué de la Belgique.	Id.
55	Leitolf.	Directeur des postes.	Id.	Strasbourg.
56	H. Leutz.	Professeur au gymnase.	.....	Karlsruhe.
57	Dr Lewitzky.	Directeur de l'Observatoire de Jurjew.	.....	Saint-Petersbourg.
58	Lewald.	Conseiller privé d'Etat.	Délégué de la Russie.	Berlin.
59	Dr Mack.	Directeur de la station météorologique.	Délégué de l'Administration impériale.	Hohenheim.
60	Mandel.	Conseiller ministériel.	Délégué du Wurtemberg.	Strasbourg.
61	Mazelle.	Directeur de l'Observatoire.	.....	Trieste.
62	J. Milne.	Professeur.	Délégué de l'Autriche.	Shide.
63	F. De Montessus.	Commandant le Bureau de recrutement.	.....	Abbeville.
64	von Mossner.	Gouverneur de Strasbourg.	.....	Strasbourg.
65	Dr H. Münsterberg.	Professeur.	.....	Boston.
66	Nedelkowsitch.	Directeur de l'Observatoire.	Délégué de la Serbie.	Belgrade.

69	Dr Omori.	Professeur à l'Université.			Tokio.
70	L. Palazzo.	Directeur de l'Institut météorologique.		Délégué du Japon.	Rome.
71	Pauli.	Assesseur du Gouvernement.		Délégué de l'Italie.	Strasbourg.
72	Dr Petri.	Sous-secrétaire d'État.			Id.
73	Dr Polis.	Directeur de l'Institut météorologique.			Aix-la-Chapelle.
74	Pomerantzeff.	Directeur de l'Institut topographique.		Délégué de la Russie.	Saint-Pétersbourg.
75	von Puttkamer.	Conseiller d'État.			Strasbourg.
76	H. Fielding Reid.	Professeur au « Geological Survey ».		Délégué des États-Unis.	Washington.
77	Richter.	Lieutenant général.			Strasbourg.
78	Dr Fr. von Richthofen.	Professeur, conseiller privé.		Délégué de la Prusse.	Berlin.
79	Riff.	Député.			Strasbourg.
80	Dr A. Riegenbach.	Professeur.		Délégué de la Suisse.	Bâle.
81	Dr Rudolph.	Id.		Délégué de l'Alsace-Lorraine.	Strasbourg.
82	Schaller.	Président de la Chambre de commerce.		Id.	Id.
83	Dr Schmidt.	Directeur de la Station météorologique.		Délégué du Wurtemberg.	Stuttgart.
84	Dr Schütt.	Directeur de la Station sismique.		Délégué de Hambourg.	Hambourg.
85	von Schraut.	Sous-secrétaire d'État.			Strasbourg.
86	Dr Sieveking.	Directeur de cercle.			Id.
87	Spas Watzof.	Directeur de l'Institut météorologique.			Sofia.
88	Stage.	Directeur de la Banque impériale.			Strasbourg.

Nos d'ordre.	NOMS.	PROFESSIONS.	OBSERVATIONS.	LIEUX D'HABITATION.
50	D ^r Radó von Kövesligethy.	Professeur à l'Université.	Délégué de la Hongrie.	Budapest.
51	D ^r Thege von Konkoly.	Directeur de l'Institut météorologique.	.....	Id.
52	E. Lagrange.	Professeur à l'École militaire.	Délégué de la Belgique et du Congo.	Bruxelles.
53	A. Lancaster.	Membre de l'Académie de Belgique.	Délégué de la Belgique.	Id.
54	Lecointe.	Directeur du Service astronomique.	Id.	Id.
55	Leitolf.	Directeur des postes.	.....	Strasbourg.
56	H. Leutz.	Professeur au gymnase.	.....	Karlsruhe.
57	D ^r Lewitzky.	Directeur de l'Observatoire de Jurjew.	Délégué de la Russie.	Saint-Petersbourg.
58	Lewald.	Conseiller privé d'Etat.	Délégué de l'Administration impériale.	Berlin.
59	D ^r Mack.	Directeur de la station météorologique.	Délégué du Wurtemberg.	Hohenheim.
60	Mandel.	Conseiller ministériel.	.....	Strasbourg.
61	Mazelle.	Directeur de l'Observatoire.	Délégué de l'Autriche.	Trieste.
62	J. Milne.	Professeur.	.....	Shide.
63	F. De Montessus.	Commandant le Bureau de recrutement.	.....	Abbeville.
64	von Mossner.	Gouverneur de Strasbourg.	.....	Strasbourg.
65	D ^r H. Münsterberg.	Professeur.	.....	Boston.
66	Nedelkowsch.	Directeur de l'Observatoire.	Délégué de la Serbie.	Belgrade.
67	D ^r von Neumayer.	Conseiller privé, professeur.	.....	Neustadt a. d. D.
68	D ^r von Oesterley.	Conseiller d'Etat.	Délégué de la Serbie.	Rappoltsweyer.
69	D ^r Omori.	Professeur à l'Université.	Délégué du Japon.	Tokio.
70	L. Palazzo.	Directeur de l'Institut météorologique.	Délégué de l'Italie.	Rome.
71	Pauli.	Assesseur du Gouvernement.	.....	Strasbourg.
72	D ^r Petri.	Sous-secrétaire d'Etat.	.....	Id.
73	D ^r Polis.	Directeur de l'Institut météorologique.	.....	Aix-la-Chapelle.
74	Pomerantzeff.	Directeur de l'Institut topographique.	Délégué de la Russie.	Saint-Petersbourg.
75	von Puttkamer.	Conseiller d'Etat.	.....	Strasbourg.
76	H. Fielding Reid.	Professeur au « Geological Survey ».	Délégué des États-Unis.	Washington.
77	Richter.	Lieutenant général.	.....	Strasbourg.
78	D ^r Fr. von Richthofen.	Professeur, conseiller privé.	Délégué de la Prusse.	Berlin.
79	Riff.	Député.	.....	Strasbourg.
80	D ^r A. Riggensbach.	Professeur.	Délégué de la Suisse.	Bâle.
81	D ^r Rudolph.	Id.	Délégué de l'Alsace-Lorraine.	Strasbourg.
82	Schaller.	Président de la Chambre de commerce.	Id.	Id.
83	D ^r Schmidt.	Directeur de la Station météorologique.	Délégué du Wurtemberg.	Stuttgart.
84	D ^r Schütt.	Directeur de la Station sismique.	Délégué de Hambourg.	Hambourg.
85	von Schraut.	Sous-secrétaire d'Etat.	.....	Strasbourg.
86	D ^r Sieveking.	Directeur de cercle.	.....	Id.
87	Spas Watzof.	Directeur de l'Institut météorologique.	.....	Sofia.
88	Stage.	Directeur de la Banque impériale.	.....	Strasbourg.

N ^{os} d'ordre.	NOMS.	PROFESSIONS.	OBSERVATIONS.	LIEUX D'HABITATION.
89	Stadler.	Conseiller ministériel.	Délégué de l'Alsace-Lorraine.	Strasbourg.
90	Dr J. P. van der Stok.	Directeur de l'Institut météorologique.	Délégué de la Hollande.	De Bilt.
91	Dr Straubel.	Professeur.	Délégué de l'Université d'Iéna.	Iéna.
92	Stult.	Attaché au bureau littéraire.	.....	Strasbourg.
93	Prof ^r Dr Tanakatate.	Professeur à l'Université.	Délégué du Japon.	Tokio.
94	Dr Tornquist.	Id.	.....	Strasbourg.
95	Dr Valentiner.	Professeur à l'Observatoire	.....	Heidelberg.
96	Vogel.	Conseiller d'État.	.....	Strasbourg.
97	Dr Voller.	Directeur du laboratoire de physique.	Délégué de Hambourg.	Hambourg.
98	Vander Vyver.	Professeur à l'Université	Délégué de la Belgique.	Gand.
99	Wackerzapp.	Directeur des chemins de fer d'Alsace-Lorraine.	.....	Strasbourg.
100	Dr Wagner.	Professeur, Conseiller privé.	Délégué de la Prusse.	Göttingen.
101	Dr Wiechart.	Professeur.	Id.	Id.
102	Dr Weigand.	Id.	.....	Strasbourg.

A. SMITH WOODWARD. — **Le gisement d'ossements fossiles de Concud (Teruel), Espagne.**

Ce dépôt fossile se trouve au Nord de Teruel et a été étudié depuis le milieu du siècle dernier par plusieurs géologues, qui l'ont considéré comme appartenant au Tertiaire récent. Mais il semble plutôt provenir d'une faune de Mammifères du Pliocène inférieur, donc du même âge que les dépôts bien connus du Mont Léberon, en France, et de Pikermi, en Grèce.

Les collines de Concud s'élèvent à 1 000 mètres au-dessus du niveau de la mer, et c'est là que se trouve le ravin connu sous le nom de « Barranca de las Calaveras » (Vallée des Crânes), où les ossements se rencontrent en grande abondance. Ils ne forment pas une couche continue, mais ils sont disposés en amas plus ou moins considérables. Leur degré de conservation varie beaucoup, mais à l'endroit exploré par l'auteur ils étaient devenus fragiles par suite de l'humidité et déformés par la pression. Il semble même qu'avant d'être ensevelis, ils présentaient déjà un certain degré de dissociation, car les os ne présentent plus leur association naturelle. Seules les dents et les mâchoires étaient assez bien conservées. La plus grande partie des dépôts est formée par les os d'*Hipparion gracile*, le reste provient d'une espèce plus grande d'*Hipparion*, d'un *Rhinocéros*, se rapprochant beaucoup du *Rh. Schleiermacheri*, de *Mastodon*, de *Gazella brevicornis*, d'une espèce d'antilope plus grande, non déterminée, et l'on a rencontré des fragments douteux de *Cervus*, *Hyæna* et *Sus*. Ces dépôts promettent de donner des résultats encore plus intéressants, et il est du reste probable qu'on pourra en rencontrer beaucoup d'autres dans le bassin de Teruel.

Le gisement mérite d'ailleurs une étude attentive au point de vue géologique proprement dit, parce qu'il paraît avoir été formé dans les mêmes conditions que les dépôts tertiaires de l'Amérique du Nord, qui ont été considérés comme lacustres, de même que ceux de la vallée de Tarija, en Bolivie. Nous avons résumé précédemment un travail de M. Matthew sur cette question. M. Hatcher, d'accord avec ce dernier, considère que ces dépôts n'ont pu se former dans les eaux tranquilles des lacs; il les croit d'origine en partie éolienne, en partie fluviale; d'autres fois, ils auraient été constitués au fond de lagunes temporaires.

Nordenskiöld, qui a exploré la vallée de Tarija, croit que celle-ci se

trouvait autrefois à l'état de steppe, et que les restes de Mastodon et autres quadrupèdes qu'il y a trouvés proviennent d'animaux qui vivaient sur place, et que ceux-ci ont été déposés dans les lagunes provenant d'inondations temporaires. Hatcher prétend même que ces dépôts se forment encore de nos jours dans l'Amérique méridionale, lors de l'inondation des plaines, provenant du débordement de leurs rivières. Il cite des observations récentes d'après lesquelles le Paraguay a formé une lagune d'inondation longue de 400 milles et large, en certains points, de 150 milles. Les animaux surpris par l'inondation se réfugient vers les points élevés, momentanément transformés en îlots, mais finissent par y mourir de faim. On retrouve plus tard leurs ossements amoncelés dans les endroits élevés de la plaine. Hesketh Prichard, qui vient de parcourir la Patagonie, a rencontré sur les bords du lac Viedma et sur d'autres lagunes, des accumulations de squelettes de guanacos et d'autres mammifères, dont le nombre dépassait parfois cinq cents. Il pense que les animaux se sont rassemblés ici au moment des gelées de l'hiver et qu'ils y ont péri de faim et de froid.

V. D. W.

(*The Geolog. Mag.*, mai 1905.)

C.-W. ANDREWS. — **Note sur une expédition au Fayum (Égypte).**

Rien de nouveau n'a été trouvé dans les couches de l'Éocène moyen, mais on a réuni une collection assez importante de fossiles de Vertébrés dans les couches de l'Éocène supérieur, parmi lesquels se trouvent quelques formes nouvelles. On a pu, en outre, faire quelques observations intéressantes dans les couches du Quaternaire.

Dans l'Éocène supérieur, les formes les plus communes paraissent avoir été *Paleomastodon* et *Arsinoitherium*. On a trouvé un crâne presque complet de *Paleomastodon*, qui constituait un type de Mammifère moins spécialisé que les Éléphants plus récents. Le crâne était moins raccourci et les cavités de l'os occipital étaient moins développées. Un caractère très intéressant est fourni par la grande variabilité de taille chez les différents individus adultes. Il est permis de croire que ce type intermédiaire entre *Moeritherium*, de la grandeur d'un Tapir, et les Mastodontes à face allongée, a présenté une variation de volume qui correspondait avec son degré d'évolution.

On a aussi trouvé dans les couches de l'Éocène supérieur des dents

du maxillaire inférieur de *Moeritherium*. Il est probable que cette nouvelle espèce diffère de celle de l'Éocène moyen, où du reste on ne rencontre pas de traces de *Paleomastodon*.

On a trouvé en abondance des fossiles de *Arsinoitherium Zitteli* et surtout un crâne avec sa mâchoire inférieure.

Il y a lieu de signaler surtout la découverte d'un gigantesque Hyracodé appartenant à un genre nouveau. Déjà on a identifié deux espèces sous le nom de *Sagatherium antiquum* et *S. minus*, et M. Andrews connaît deux nouvelles formes, dont une au moins appartient à un troisième genre. La présence de cinq Hyracodés dans les couches examinées jusqu'ici montre la place importante que ce groupe occupait dans la faune de l'Éocène supérieur. On sait qu'une espèce : *Pliohyrax græcus*, a persisté jusqu'au Pliocène inférieur à Samos et à Pikermi. Malheureusement pour l'étude de la phylogénie de ces formes anciennes, les espèces et les genres éocènes se rapprochent déjà beaucoup de l'espèce pliocène, et on n'est pas plus avancé dans la recherche de leur dérivation des ongulés.

M. Andrews donne la description d'un fragment de la mâchoire inférieure d'un grand Créodonte : *Pterodon*. Il est à remarquer que *Ancodus* et *Pterodon* paraissent être les deux seuls genres de Mammifères de ces couches qui se rencontrent aussi dans les couches pré-miocènes en Europe. Il a trouvé en outre, au Fayum, les restes de deux autres espèces de Créodonte.

Le seul reptile dont on ait trouvé les restes est la Tortue géante, *Testudo ammon*.

Quant aux dépôts quaternaires, on les trouve près du temple de Schweinfurth (Kasr-es-Sagha). On y a rencontré des silex taillés, avec un fémur et une molaire d'*Elephas africanus*, de sorte que pendant les temps préhistoriques, l'aire de celui-ci s'étendait jusqu'en Égypte; mais il paraît avoir disparu au commencement de l'ère égyptienne, car sur les temples primitifs on ne le retrouve pas figuré parmi les représentations d'animaux indigènes qu'on y avait gravées. Avec l'*Elephas africanus*, on a rencontré de nombreux ossements d'Hippopotame et une corne de *Bubalus*, probablement *Bubalus telhel*, dont on a aussi retrouvé des restes dans les tombes d'Abadieh.

A l'époque quaternaire, les rives du lac étaient couvertes de buissons de tamarinier, avec des groupes d'arbres que l'on rencontre maintenant à l'état fossile.

V. D. W.

(*The Geolog. Mag.*, août 1903.)

Recherches paléontologiques de M. André Tournouër en Patagonie.

Dans la séance du 5 novembre 1902 de la Société géologique de France, M. Gaudry rend compte du voyage d'exploration en Patagonie de M. Tournouër. Les fossiles tertiaires de Patagonie sont tous différents des fossiles des Pampas. Ils sont encore plus différents des types de nos pays : véritablement ils semblent représenter un autre monde. *Pyrotherium*, *Astrapotherium*, *Homalodontotherium*, *Nesodon*, *Colpodon*, *Diadiaphorus*, *Theosodon*, *Hegetotherium*, *Protypotherium*, *Nematherium*, *Hapalops*, *Peltephilus*, etc., dont M. Tournouër a recueilli assez de pièces pour qu'on puisse juger de leurs caractères, n'ont pas de rapport avec nos mammifères. Cela nous rend la détermination de leur âge géologique très difficile. A moins d'admettre leur grande ancienneté, comme M. Ameghino, nous sommes obligés de reconnaître que leur état d'évolution est beaucoup moins avancé que dans les fossiles tertiaires de notre hémisphère, car dans les strates tertiaires les plus récentes, le Santacruzien, nous ne trouvons ni Proboscidiens, ni Ruminants, ni animaux en voie de le devenir. Les Ongulés à doigts impairs, dont les pattes se sont simplifiées, ainsi que dans les Solipèdes, ont encore un péroné complet, posant sur le calcanéum, et leurs molaires supérieures ont leur second lobe inachevé. M. Tournouër continue en ce moment ses recherches en Patagonie.

V. D. W.

D^r P. SCHLEI. — Résultats géologiques de l'expédition arctique du capitaine Sverdrup.

Le D^r P. Schlei, qui accompagnait l'expédition Sverdrup en qualité de géologue, communique, dans un rapport provisoire, une série d'observations géologiques des plus intéressantes dont voici le résumé.

A l'Ouest de l'île Ellesmere, qui borde le Smith sound, on a découvert un ensemble d'îles très rapprochées et découpées par des fjords profonds. Le froid paraît y être moins intense que du côté du Groenland, et il est probable qu'elles circonscrivent une mer ouverte, qui serait la continuation de l'Océan Arctique au Sud-Ouest.

Les découvertes géologiques correspondent à ces données géographiques. L'île Ellesmere constitue, avec celle du North Devon, un pla-

teau de roches archéennes, formant avec le Groenland une transition entre le bouclier scandinave et celui qui supporte la baie de Hudson, au Nord du Canada. Le plateau archéen d'Ellesmere est entouré au Nord et au Sud, en s'avancant vers l'Ouest, par des dépôts cambro-siluriens, auxquels font suite, à l'Ouest, des formations mésozoïques et tertiaires. Il semble que le plateau archéen ait été submergé et recouvert par les dépôts des mers paléozoïques jusqu'à l'époque triasique; celle-ci fut suivie par des éruptions volcaniques sur une très grande échelle. Pendant les époques secondaire et tertiaire, la mer recouvre de nouveau le pays, du moins en partie, et laisse des dépôts, qui ont été constatés depuis les îles Parry jusqu'à la Terre de Grinnell, pour l'époque mésozoïque, et des deux côtés de l'île Ellesmere, pour l'époque tertiaire. Ces derniers ont fourni des restes de *Sequoia* et de *Taxodium* dans un très bel état de conservation. Il est à noter que les fossiles paléozoïques se rapprochent plus des types européens que de ceux d'Amérique.

Les dépôts tertiaires indiquent une surélévation du pays, qui peut atteindre jusque 1000 pieds, et qu'il faut rattacher probablement au mouvement d'élévation qui a été constaté dans tout le Nord-Ouest de l'Europe vers la fin du Tertiaire.

Quant à l'état glaciaire de ces îles, il est surtout marqué sur le bord du Smith sound, dans le North Lincoln Land; plus au Nord, la glaciation disparaît tout à fait quand on se rend vers l'Ouest, de sorte que pendant l'été on rencontre de vastes étendues qui ne présentent ni neiges ni glaces. Cette situation remarquable paraît remonter géologiquement très loin, car nulle part on n'a pu constater, dans les pays libres de glaces, des traces d'une glaciation antérieure.

V. D. W.

Prof^r Dr J. REINKE. — **Origine et développement des dunes sur la côte occidentale du Schleswig.**

On sait que généralement le mode de la végétation est opposé à celui des agents de dénudation du sol. L'observation du Prof^r Reinke montre qu'elle peut parfois se combiner avec ces derniers pour modifier la surface de celui-ci. Les dunes s'étendent sur toute la côte occidentale du Schleswig, mais on peut y observer, à côté des dunes anciennes, des dunes plus petites en voie de formation. Celles-ci apparaissent lorsque la plage est suffisamment large et qu'elle garde assez longtemps

un certain degré d'humidité. Quand elle présente ces conditions, on y voit pousser une graminée dont le nom botanique est *Triticum* (*Agropyrum*) *junceum* ; celle-ci a besoin, pour se développer, d'un sol renfermant une certaine quantité de sel. Aussi est-elle fréquente sur tout le littoral, alors qu'on ne la retrouve pas à l'intérieur du pays. C'est une plante vivace, dont le rhizome souterrain se ramifie dans le sable. Lorsque la plante s'est développée à la surface du sol, elle arrête le sable transporté par le vent et forme ainsi des dunes qui vont en s'augmentant avec la plante, laquelle de son côté suit le mouvement de surélévation du monticule de sable.

Mais la hauteur du monticule recouvert de *Triticum* dépasse rarement 5 mètres, parce que la graminée en question meurt alors par suite du manque d'humidité et surtout de sel, celui-ci cessant d'imbiber le sol à cette hauteur. C'est alors qu'on voit apparaître une autre plante, le *Psamma* (*Calagrostis*) *arenaria*, l'herbe dunale par excellence. Celle-ci évite le sable humide, salé, mais, trouvant au sommet de la dune de bonnes conditions de développement, elle contribue à son tour à la croissance de celle-ci.

Les dunes subissent encore d'autres modifications : sous l'influence du vent et de la pluie, la couverture de *Triticum* et aussi celle de *Psamma* sont détruites, le sable apparaît à nu ; ce sont les dunes blanches, qui se déplacent sous l'action du vent, et qu'il faut replanter artificiellement, si on ne veut pas les voir envahir le pays voisin.

D'autres fois, la dune présente les conditions favorables au développement du saule et des bruyères (*Salix repens*, *Empetrum nigrum*, *Calluna vulgaris*), et alors la dune présente une couverture plus résistante au vent, quoique cependant la dune de bruyère puisse parfois passer à l'état de dune blanche, dont le sable devient mobile.

L'auteur termine par une observation très juste. Il compare les différentes phases par lesquelles peut passer une dune aux métamorphoses que traversent certains organismes.

V. D. W.

(Sitzber. der K. preuss. Akad. d. Wissensch., 5 mars 1903.)

SÉANCE MENSUELLE DU 20 OCTOBRE 1903.

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 35.

En ouvrant la séance, M. le *Président* annonce à l'assemblée le décès de :

M. MUNIER-CHALMAS, professeur de géologie à la Sorbonne, Faculté des sciences de l'Université de Paris, membre associé étranger de la Société ;

M. DOTREMONT, Victor, sondeur, à Hougaerde ;

M. HEYMANS, Léon, géomètre juré, conducteur de travaux, à Rebecq ;

M. VAN SCHERPENZEEL-THIM, Jules, ingénieur en chef, directeur général des mines, à Liège ; membres effectifs de la Société. (*Condoléances.*)

M. le *Président* fait part ensuite de la nomination de M. A. Lancaster, directeur du Service météorologique à l'Observatoire, en qualité de *membre du Comité météorologique international*. Ce Comité, qui est la représentation officielle de la météorologie dans le monde et qui se réunit tous les deux ou trois ans et jamais dans la même ville, ne comprend que quatorze membres. (*Applaudissements.*)

De son côté, M. le *Secrétaire général* a le plaisir de signaler à ses collègues la nomination de M. Stainier, président, en qualité de professeur de géologie à l'Université de Gand, et celle de M. J. Cornet, vice-président, comme professeur de géographie physique au même établissement. (*Vifs applaudissements.*)

M. le *Président* remercie ses confrères des marques de sympathie qui lui sont témoignées à l'occasion de sa nomination, due aussi, ajoute-t-il, à sa qualité de président de la Société belge de Géologie, et il les assure de son entier dévouement. (*Nouveaux applaudissements.*)

M. le *Secrétaire général* dépose sur le bureau le fascicule III-IV, tome XVII, 1905, du *Bulletin*.

A ce propos, M. le capitaine *Mathieu* fait remarquer, au sujet du procès-verbal de la séance du 28 juillet 1905, que, d'après des renseignements qu'il a reçus après cette date et, contrairement à ce qu'il a dit, le cahier des charges relatif au puits artésien de la nouvelle École militaire laissait au commandant du génie une certaine latitude au sujet de la profondeur finale à donner à ce puits. En conséquence, il faut considérer comme non avenus les motifs donnés par l'auteur de la communication pour justifier la décision prise en ce qui concerne la continuation du puits; les motifs réels de cette décision seront donnés dans la note définitive décrivant le puits.

M. *Van Bogaert* fait remarquer que dans la discussion de la partie hydraulique de la note présentée à l'Académie des sciences par MM. *Fournier* et *Magnin*, sur l'écoulement des eaux dans les canaux souterrains (note dont il est question aux pages 242 et suivantes du tome XVII de 1905), il existe un malentendu sur la question de la vitesse moyenne de l'eau dans une conduite chargée de section variable. Conformément à ce qui se fait en hydraulique, MM. *Fournier* et *Magnin* appellent vitesse moyenne (p. 445) la vitesse moyenne de la section d'écoulement. Cette section restant constante, ainsi que la charge, il est incontestable que la vitesse moyenne, ainsi définie, augmente si on remplace dans cette conduite une notable portion de la longueur par une conduite de section plus considérable. Cependant, cette vitesse moyenne d'écoulement ne croît pas autant qu'on pourrait se l'imaginer.

Ainsi, pour fixer les idées et pour pouvoir appliquer les calculs, nous pouvons déterminer quelle est l'augmentation de la vitesse moyenne d'écoulement produite par le remplacement, dans une conduite de diamètre d et de longueur l , d'une moitié de cette longueur par une autre conduite de diamètre $2d$ et de longueur $\frac{1}{2}l$, les longueurs totales des conduites et les sections d'écoulement restant les mêmes dans les deux cas; on suppose d'ailleurs que la conduite soit assez longue pour pouvoir négliger les pertes de charge, assez faibles d'ailleurs, provenant des changements de la vitesse moyenne de l'eau dans la conduite de diamètre variable.

Tous calculs faits (et l'expérience confirme ces calculs) on trouve que la conduite avec portion dilatée a une vitesse moyenne d'écoulement (ou un débit) 1.4 fois plus grande que la conduite de section uniforme.

Si on augmente le diamètre beaucoup au delà de $2d$ (pour la portion

dilatée) et même indéfiniment, la vitesse moyenne d'écoulement n'augmente que faiblement et tend vers $\sqrt{2}$ fois la vitesse moyenne d'écoulement de la conduite de diamètre constant d .

Cependant, si on calcule quel est le temps que met une molécule d'eau animée de la vitesse moyenne de chaque section pour arriver de la section d'entrée de la conduite à la section de sortie, on trouve que ce temps est 3 fois plus considérable pour la conduite à portion dilatée ($2d$ sur $1\frac{1}{2} l$) que pour celle à diamètre constant d . La *vitesse moyenne de cheminement* de cette molécule depuis l'origine de la conduite jusqu'à la section d'écoulement est donc 3 fois moindre dans la conduite à portion dilatée que dans la conduite à diamètre constant, quoique, ainsi que nous l'avons vu précédemment, la *vitesse moyenne d'écoulement* soit 1.4 fois plus grande dans la première que dans la deuxième.

Correspondance :

M. Louis Chartier, secrétaire de la Société d'Études scientifiques, 5, rue de la Préfecture, à Carcassonne (Aude), fait connaître certaines difficultés qu'il éprouve dans la détermination des fossiles de l'Aude. Il désirerait se mettre en relation avec des paléontologues pouvant l'aider et faire des échanges. (Signalé à ceux des membres que la chose peut intéresser.)

M. Buttgenbach, en exploration au Congo, annonce son retour pour le mois de mai 1904 et compte rapporter de nombreux documents et échantillons minéralogiques de haute valeur.

M. D.-P. Oehlert fait connaître la décision prise au Congrès géologique international de Vienne, 1903, au sujet de *Paleontologia Universalis*; la proposition d'abonnements partiels n'a pu être acceptée dans les conditions actuelles d'organisation de l'œuvre.

M. le Secrétaire général donne lecture de la lettre adressée par le Bureau à M. Isaac-Isaac, directeur du charbonnage de l'Agrappe, pour solliciter son intervention dans la dépense que nécessitera l'entretien matériel des appareils de la station géophysique de Frameries, dont l'installation vient d'être terminée.

La Société géologique du Luxembourg fait connaître qu'elle se rallie à notre avis de remettre à deux ans l'excursion projetée dans le Grand-Duché.

M. le baron O. van Ertborn communique à la Société la lettre qu'il a reçue du greffier de la province d'Anvers, annonçant qu'en séance du 24 juillet, le Conseil provincial a voté un subside de 500 francs, payable en 1904, en faveur de la Société belge de Géologie. Le Bureau adresse ses plus sincères remerciements à M. le baron van Ertborn, dont les démarches ont surtout contribué au succès de la demande de la Société, et lui exprime sa reconnaissance pour son dévouement aux intérêts de celle-ci.

M. Bernus communique à la Société quelques renseignements au sujet d'un puits filtrant creusé à Courtrai par MM. Detroy frères, à Cureghem-Bruxelles. (*Remerciements.*)

M. Marboutin, en réponse à M. Kemna au sujet de l'appareil destiné à déceler la fluorescéine, fait observer que l'appareil imaginé par Becquerel est un phosphoroscope et non un fluoroscope, nom générique qu'il y a bien lieu de donner à tous les appareils destinés à observer le phénomène de fluorescence.

M. le Ministre de l'Intérieur, en réponse à une requête de la Société, fait connaître que le crédit affecté aux encouragements aux sciences ne permet pas la liquidation, en notre faveur, du subside ordinaire de 1,000 francs, malgré la fourniture qui a été faite réglementairement de quinze exemplaires du tome XVI du *Bulletin*.

La ville d'Anvers porte à la connaissance de la Société qu'en séance du 18 mai dernier, le Conseil communal a décidé d'allouer à la Société un subside annuel de 500 francs à titre d'intervention dans les frais d'études du bassin houiller de la Campine. (*Remerciements.*)

Le Gouvernement provincial du Limbourg fait connaître que, vu l'exiguité des ressources de la province, le Conseil provincial n'a pu réserver un accueil favorable à notre demande de subside.

Le Comité du VIII^e Congrès international de Géographie qui se tiendra à Washington en septembre 1904, invite les sociétés que la chose concerne à participer au Congrès par la nomination de délégués.

Le Concilium Bibliographicum, de Zurich, fait parvenir son Rapport sur les travaux de l'année 1903.

La Commission de la *Paleontologia Universalis* envoie son Rapport sur les travaux de la Commission au Congrès géologique international de Vienne de 1903.

M. le capitaine *Mathieu* donne quelques renseignements au sujet de la roche cristalline de Grand-Coo, déposée sur le bureau, à la séance du 14 juillet dernier, par M. G. Cumont. Cette roche, très siliceuse (62 % SiO_2), constitue un banc compact, de direction sensiblement Est-Ouest, intercalé en stratification concordante verticale au milieu des quartzophyllades et phyllades reviniens, et affleurant, sur une épaisseur de 2^m,50 environ, dans le talus du chemin allant de la Cascade de Coo à Grand-Coo, en regard du gué de l'Amblève qui conduit au bois de Lahister. La roche montre un alignement des éléments parallèle à la stratification des quartzophyllades; la partie Nord, d'une couleur gris verdâtre, contient épars des cristaux blanc jaunâtre qui sont sans doute des feldspaths altérés; vers le Sud, la roche devient plus compacte et quartzitoïde, et l'on remarque de nombreux cristaux brillants de pyrite; enfin, la roche est séparée des roches encaissantes par deux salbandes de 5 centimètres environ de roche jaunâtre feuilletée.

M. Mathieu pense, jusque maintenant, qu'on se trouve en présence d'une porphyroïde de roche éruptive, ayant subi fortement les actions métamorphiques. Mais ce diagnostic n'a rien de définitif, car l'étude microscopique est loin d'être achevée. Quoi qu'il en soit, la roche, remarquable par sa dureté (entre 6 et 7), pourrait expliquer, par sa présence, le gué du bois de Lahister ainsi que la formation de la boucle de l'Amblève, qui aurait peut-être rencontré cette couche à l'endroit actuel de la cascade et aurait dû rebrousser chemin. Cette hypothèse mérite confirmation, et M. le capitaine Mathieu compte élucider prochainement le problème.

M. *Stainier* présente des échantillons de sphéroïdes provenant des roches éruptives de Nivelles, recueillis par M. G. Cumont, ainsi qu'un fragment de *palmier fossile* du genre *Nipa*, appartenant à M. *Vanderkelen-Dufour*, trouvé à la surface des sables bruxelliens entre Rixensart et Bierges.

Dons et envois reçus :**1° De la part des auteurs :**

4188. **Cornet, J.**, *Les eaux salées du terrain houiller*. Liège, 1903. Extrait in-8° de 32 pages.
4189. **Faidiga, Ad.**, *Mitteilungen der Erdbeben-Commission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XVII : Das Erdbeben von Sinj am 2. Juli 1898*. Vienne, 1903. Extrait in-8° de 162 pages, 3 planches et 14 figures.
4190. **Herz, O.**, *Berichte des Leiters von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zur Ausgrabung eines Mammuthkadavers an die Kolyma-Beresowka ausgesandten Expedition Otto Herz*. Saint-Pétersbourg, 1902. Volume in-4° de 38 pages, 10 planches.
4191. **Lönborg, Sven**, *Sveriges Karta tiden till Omkring 1850*. Upsala, 1903. Volume grand in-8° de 242 pages.
4192. **Ferrero, E.**, *Osservazioni meteorologiche fatte nell'anno 1902 all'Osservatorio della R. Università di Torino*. Turin, 1903. Extrait in-8° de 53 pages.
4193. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère d'Iénisséï*. Livraison III. Saint-Pétersbourg, 1902. Brochure in-8° de 31 pages et 1 carte.
4194. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère de l'Amour*. Livraison III. Saint-Pétersbourg, 1902. Volume in-8° de 171 pages et 2 cartes.
4195. **Martel, E.-A.**, *Sur l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine*. Paris, 1903. Extrait in-4° de 3 pages.
4196. **Dollot, A.**, et **Ramond, G.**, *Nouvelle voie ferrée d'Issy à Viroflay (section de la ligne des « Invalides à Versailles »)*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 2 pages.
4197. **Ramond, G.**, *Notes de géologie parisienne : II. Le chemin de fer d'Issy à Viroflay (R. G.)*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 8 pages et 1 planche.
4198. ... *Congrès international d'Hygiène et de Démographie. Bruxelles, 2 au 8 septembre 1905*. Collection du JOURNAL DU CONGRÈS comprenant 7 numéros in-4°, contenant le compte rendu sommaire du Congrès.
4199. **De Foere, Léon**, *Compte rendu du Congrès archéologique et historique tenu à Bruges, du 10 au 14 août 1902, sous la direction de la Société d'Émulation*. Bruges, 1903. Volume in-8° de 516 pages et 17 figures. (Don de M. A. Rutot.)

4200. **Félix, Jules**, *Contribution à la thérapie des eaux minérales naturelles*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 26 pages.
4201. **Knett, J.**, *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XVIII : Das Erdbeben am Böhmischem Pfahl, 26. November 1902*. Vienne, 1903. Extrait in-8° de 22 pages et 2 planches.
4202. **von Richthofen, Ferdinand**, *Geomorphologische Studien aus Ostasien. IV : Ueber Gebirgskettungen in Ostasien, mit Ausschluss von Japan. V : Gebirgskettungen im japanischen Bogen*. Berlin, 1903. Extraits in-8° de 52 pages et 1 carte.
4203. **Rutot, A.**, *Les « cailloux » de M. Thieullen*. Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 33 pages et 8 figures.
4204. **Van den Broeck, E.**, *XI^e Congrès international d'Hygiène et de Démographie, tenu à Bruxelles du 2 au 8 septembre 1903. Troisième question proposée aux délibérations de la troisième section : Établir, au point de vue des exigences de l'Hygiène, les conditions que doivent remplir les eaux issues des terrains calcaires. Synthèse et conclusions du rapport de M. E. Van den Broeck, délégué pour la Belgique*. Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 4 pages. (2 exemplaires.)

2° Extraits des publications de la Société :

4205. **Bradfer, Rob.**, *Le tuf humique ou Ortstein*. Mémoires de 1903, 29 pages. (2 exemplaires.)
4206. **Cornet, J.**, *Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine. (Deuxième note.)* Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)
4207. **Cuvelier, E.**, et **Dubuisson, L.**, *Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire*. Procès-verbaux de 1903, 4 pages. (2 exemplaires.)
4208. **Dienert, F.**, *Quelques remarques sur les expériences faites avec la fluorescéine et le sel marin*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4209. **Harzé, E.**, *Considérations géométriques et autres sur le bassin houiller du Nord de la Belgique*. Procès-verbaux de 1903, 7 pages. (2 exemplaires.)
4210. **Kemna, Ad.**, *Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (25 au 26 juin 1903)*. Procès-verbaux de 1903. (2 exemplaires.)

4211. **Ad. Kemna**, *Les eaux de Paris. Travaux de la Commission de l'Observatoire de Montsouris pour l'année 1902*. Bulletin bibliographique de 1903, 15 pages. (2 exemplaires.)
4212. **de Lapparent, A.**, *Importantes découvertes paléontologiques dans le Soudan français*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4213. **Le Couppey de la Forest, Max.**, *Considérations sur le mode de propagation de la fluorescéine sous terre*. Procès-verbaux de 1903, 13 pages. (2 exemplaires.)
4214. **Lorié, J.**, *Contributions à la géologie des Pays-Bas. Fascicule X : Sondages en Zélande et en Brabant*. Mémoires de 1903, 57 pages. (2 exemplaires.)
4215. **Martel, E.-A.**, *Sur l'emploi de la fluorescéine en hydrologie. Note complémentaire sur la vitesse et les retards de la fluorescéine*. Procès-verbaux de 1903, 12 et 6 pages. (2 exemplaires.)
4216. **Mourlon, M.**, « *Bibliographia geologica* ». *Avancement de l'œuvre et referendum au sujet du mode de publication*. Procès-verbaux de 1903. 3 pages (2 exemplaires).
4217. **Putzeys, E.**, *Les sources vauchusiennes et les zones de protection*. Procès-verbaux de 1903. 16 pages (2 exemplaires).
4218. **Rutot, A.**, *Quelques découvertes paléontologiques nouvelles : I. Découverte d'une molaire d'« Elephas antiquus » dans les travaux maritimes de Bruxelles, à Laeken ; II. Découverte d'une tortue du genre « Trionyx » dans le Landenien supérieur du Hainaut ; III. Découvertes d'ossements aux carrières de Quenast*. Procès-verbaux de 1903, 10 pages. (2 exemplaires.)
4219. **Rutot, A.**, *L'état actuel de la question de l'antiquité de l'homme*. Procès-verbaux de 1903, 14 pages. (2 exemplaires.)
4220. **Schardt, H.**, *Notes concernant la vitesse de propagation de la fluorescéine dans les eaux souterraines, à propos de la note de MM. Fournier et Magnin et de la notice de M. Le Couppey de la Forest*. Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4221. **Simoens, G.**, *Quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4222. **Simoens, G.**, *A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4223. **Stainier, X.**, *Age des roches rouges du Limbourg belge*. Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)

4224. **Stainier, X.**, *Sur les anciennes recherches de terrain houiller à Menin.* Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)
4225. **Trillat, A.**, *Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration.* Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4226. **Fournier, E.**, *Un exemple des phénomènes spéciaux offerts par la circulation souterraine des eaux dans les fissures et cavités des massifs calcaires. Études de M. le professeur Fournier dans la région de la source d'Arcier. (Analyse par M. E. Van den Broeck.)* Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4227. **Van den Broeck, E.**, *L'indépendance de sources d'origines et de températures différentes infirmée par la fluorescéine. Analyse d'une étude de M. le professeur Schardt consacrée aux sources vaudoises du Mont-de-Chamblon et conséquences pratiques à tirer de ces observations.* Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4228. **Van den Broeck, E.**, *I. Analyse d'une note de MM. E. Fournier et A. Magnin sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines; II. Note rétablissant les conditions réelles des expériences de la Noiraigue.* Procès-verbaux de 1903, 16 pages. (2 exemplaires.)
4229. **Van den Broeck, E.**, et **Rahir, E.**, *Exhibition d'un tholomètre, nouvel appareil pratique destiné à mesurer le degré de transparence des eaux.* Procès-verbaux de 1903, 4 pages. (2 exemplaires.)
4230. **Van den Broeck, E.**, et **Rahir, E.**, *Expérience au sujet du mode de propagation de la fluorescéine. Précautions à prendre pour constater la première apparition et la disparition de la matière colorante.* Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4231. **van Ertborn, O.**, *Sondages houillers en Campine.* Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4232. **van Ertborn, O.**, *La distribution d'eau de Vilvorde.* Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)
4233. **van Ertborn, O.**, *A propos de la carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer.* Mémoires de 1903, 6 pages et 1 carte.
4234. **Marboutin, Félix**, *Essai sur la propagation des eaux souterraines.* Procès-verbaux de 1903, 19 pages.
4235. **de Lapparent, A.**, *Le progrès des études sismologiques et rapport présenté à l'Académie des sciences de Paris, à la séance du 3 juillet 1903, au sujet d'un projet d'organisation d'un service sismologique en France.* Traductions et reproductions de 1903, 21 pages.

5^o Périodiques nouveaux :

4236. NANCY. *Bulletin de la Société de Géographie de l'Est*. 1879 à 1902; 1903, 1^{er} fascicule.
4237. PARIS. *La Revue technique*, 24^e année : 1903, n^{os} 1 à 17.
4238. PARIS. *Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 1890 à 1902.
4239. LAVAL. *Palaeontologia Universalis*, fascicule I (13 planches).
4240. FRIBOURG. *Mémoires de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles*. I, 1900, et II, 1901-1902.
4241. LIÈGE. *Liège-Exposition. Journal de l'Exposition*, 7^e année, 1903, n^{os} 1 à 30.

Présentation et élection de nouveaux membres :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membres effectifs :

BESANÇON (la ville de); délégué : M. *Jeannot*, ingénieur-directeur des eaux de la ville, hôtel de ville, à Besançon.

MM. BRYEN, L., ingénieur à l'Administration des Mines, 10, boulevard Léopold, à Namur.

CAMBIER, R., ingénieur aux Charbonnages réunis de Charleroi, 6, rue du Laboratoire, à Charleroi.

DIENERT, Frédéric-Vincent, docteur ès-sciences, chef du service local de surveillance des sources de la ville de Paris, 8, place de la Mairie, à Saint-Mandé (Seine).

DUYK, chimiste au Ministère des Finances, avenue de Solbosch, à Bruxelles.

KONTKOWSKI(de), Eugène, colonel du génie, ingénieur en chef des phares de la mer Baltique et du port de Reval, 56, Fontanza, à Saint-Pétersbourg.

TRULMANS, Henry, ingénieur-inspecteur du service des eaux de la ville, 12, rue d'Arenberg, à Bruxelles.

En qualité de membre associé regnicole :

M. VOITURON, le D^r E.-J., inspecteur au Ministère de l'Agriculture, 54, rue de la Couronne, à Bruxelles.

Communications :

Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines.

E. VAN DEN BROECK et E. RAHIR. — **Expériences sur la densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau et sur la vitesse de propagation de cette matière colorante.**

Densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau.

L'appareil (fig. 1) que nous avons utilisé pour étudier cette question consiste en un flacon *A*, à deux tubulures, rempli d'eau, de même que le tube *B*, qui débouche dans le flacon par la tubulure inférieure, à environ 2 centimètres du fond du récipient. Le tout est laissé au repos pendant une bonne heure, afin que la masse liquide soit aussi immobile que possible.

Par l'extrémité du tube *B*, on laisse tomber alors trois ou quatre gouttes d'une solution *très concentrée* de fluorescéine (1). Cette grande concentration permet à la matière colorante de descendre peu à peu dans le tube, mais avec une extrême lenteur; c'est ainsi qu'il nous a été donné de constater que la fluorescéine mettait plus de trente minutes pour atteindre la partie inférieure du tube (en *B'*), soit une descente de 20 centimètres environ.

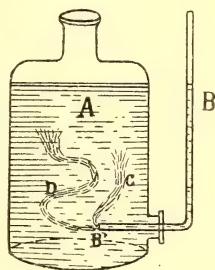


FIG. 1.

Le filet de solution colorée s'échappe alors dans le flacon avec une lenteur telle qu'elle n'est guère appréciable à l'œil. Suivant les différences de température entre l'air ambiant où se trouve l'appareil et le contenu de ce dernier, le filet de fluorescéine prend une direction variable (voir *C* et *D* de la figure).

La direction *D* se constate quand la température est sensiblement en équilibre entre l'air ambiant et l'eau du flacon; la matière colo-

(1) Les quelques gouttes d'ammoniaque ajoutées à la fluorescéine dissoute dans 50 centimètres cubes d'eau n'ont guère pu influencer la densité du liquide et encore moins trois ou quatre gouttes de cette solution colorée n'ont pu modifier la densité du contenu (1 litre) de l'appareil, surtout après une exposition de six semaines à l'air libre (durée de l'expérience).

rante trace alors une spirale ascendante, très fortement repliée sur elle-même.

La direction *C* se remarque quand les courants dus à l'échauffement de la masse liquide se manifestent le plus dans le récipient. Ces spirales ou ces tracés plus ou moins rectilignes paraissent être d'une immobilité absolue — en réalité le mouvement ascensionnel existe, mais il est d'une extraordinaire lenteur. La diffusion de la matière colorante est de plus en plus forte à mesure qu'elle s'éloigne de l'extrémité du tube *B'*.

L'un de nous a observé journellement l'appareil pendant plus de six semaines et *jamais* il n'a vu la fluorescéine tomber au fond du flacon, ni même s'étaler dans sa partie inférieure. Le récipient 4 a toujours été uniformément coloré en vert (par diffusion), et au sein de la masse liquide très légèrement teintée se remarquait le filet plus coloré provenant du tube B. En plaçant l'appareil dans un endroit vivement éclairé par le soleil et en ayant soin d'abriter de la lumière le tube B, le flacon A reste incolore — la fluorescéine très diluée étant très rapidement décolorée par les rayons solaires — et l'on remarque alors, plus nettement encore, le filet coloré dans le récipient.

Cette expérience démontre d'une façon convaincante, nous semble-t-il, que l'on peut considérer comme pratiquement nulle la variation de densité que la fluorescéine communique à l'eau dans laquelle elle entre en dissolution; ou, du moins, qu'il ne faut pas en tenir compte dans les expériences de coloration des eaux souterraines.

Vitesse de propagation de la fluorescéine dans l'eau.

L'appareil (fig. 2) dont nous nous sommes servi pour étudier la vitesse de propagation de la fluorescéine en solution dans l'eau consiste en un tube de verre d'une longueur de 8 mètres, placé horizontalement,



(Longueur du tube : 8 mètres.)

FIG. 2.

avec une pente très faible. Ce tube, relié à un réservoir *A* d'une capacité au moins égale à celle du tube (voir figure), dont la contenance était de 715 centimètres cubes, est muni à ses deux extrémités de robinets *B* et *C*. Le tube étant rempli d'eau pure, on ferme les robinets *B*, *C*, puis on introduit dans le réservoir *A* une solution de fluorescéine, à raison de 1 à 2 grammes par litre d'eau. On ouvre alors entièrement le robinet *B* et un peu seulement (mais en même temps que le premier) le robinet *C*, de manière que la capacité du tube, autrement dit le volume des 715 centimètres cubes, ne puisse s'écouler à l'extérieur en moins de quatre à cinq minutes, c'est-à-dire avec grande lenteur.

La solution de fluorescéine s'avancant alors en pointe effilée dans l'axe du tube rempli d'eau incolore, c'est-à-dire dans la portion la plus rapide du courant, a atteint (les premières traces visibles à l'œil) l'extrémité du tube (en *C*) après un écoulement de 455 centimètres cubes. Cela correspond à un peu plus des $\frac{6}{10}$ de la capacité du tube.

Pour éliminer la fluorescéine du tube, il a fallu ensuite introduire 5 litres d'eau pure dans le réservoir *A*, soit six fois la capacité du tube, ou onze fois le volume d'eau nécessaire pour amener la fluorescéine de *B* à *C*. (Exemple démonstratif du retard de la queue colorée.) L'eau incolore à l'œil suivait l'axe du tube.

La même expérience a été faite en remplaçant dans le réservoir la solution de fluorescéine par de l'eau amidonnée. Les premières traces d'amidon ont atteint l'extrémité du tube (en *C*) après un écoulement de 595 centimètres cubes, c'est-à-dire avec une vitesse d'environ un quart moins grande que celle de la solution de fluorescéine. En raison de sa densité, l'eau amidonnée se maintenait dans la partie inférieure du tube. Cette propagation est ici précisément intermédiaire entre celle de la plus grande vitesse des molécules d'eau colorées par la fluorescéine et celle de la plus lente évacuation des dernières molécules liquides correspondant à la capacité du tube.

La fluorescéine est arrivée après un écoulement de 455 centimètres cubes et l'amidon après un écoulement de 595 centimètres cubes, le volume d'eau contenu dans le tube étant de 715 centimètres cubes.

Dans une troisième expérience, l'amidon et la fluorescéine étant mélangés dans le réservoir *A*, la fluorescéine s'est immédiatement et nettement séparée de l'amidon et a atteint l'extrémité du tube (en *C*) après un écoulement de 460 centimètres cubes, c'est-à-dire comme si elle était seule.

Pour terminer, il nous reste à signaler très sommairement deux expériences de coloration que nous avons eu l'occasion de faire près de Remouchamps, dans deux chaudières naturelles creusées dans le rocher.

L'une de ces chaudières, ou marmites (fig. 3), a la forme d'une cuvette régulière, dont la profondeur ne dépasse pas 50 à 60 centimètres et qui est large d'environ 2 mètres.

Un ruisseau y arrive assez rapidement par un plan incliné, auquel succède, dans la même direction et suivant la même inclinaison, la paroi du fond d'amont de la cuvette.

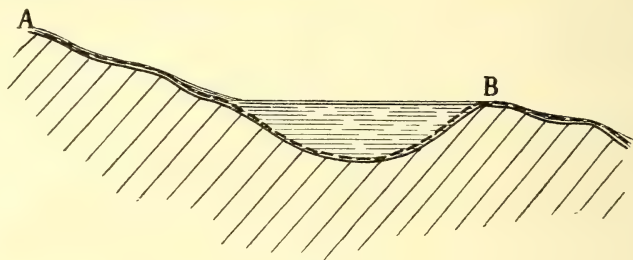


FIG. 3.

Une solution concentrée de fluorescéine versée en amont (en A) a tout d'abord suivi exactement la paroi inférieure de la cuvette, ainsi que le montre la figure ci-dessus. C'est seulement après qu'une partie de la matière colorante en était sortie (en B) que celle-ci s'est ensuite peu à peu mélangée à toute la masse d'eau de la chaudière.

L'autre chaudière (fig. 4), dite « le Bain de Diane », large de 4 à

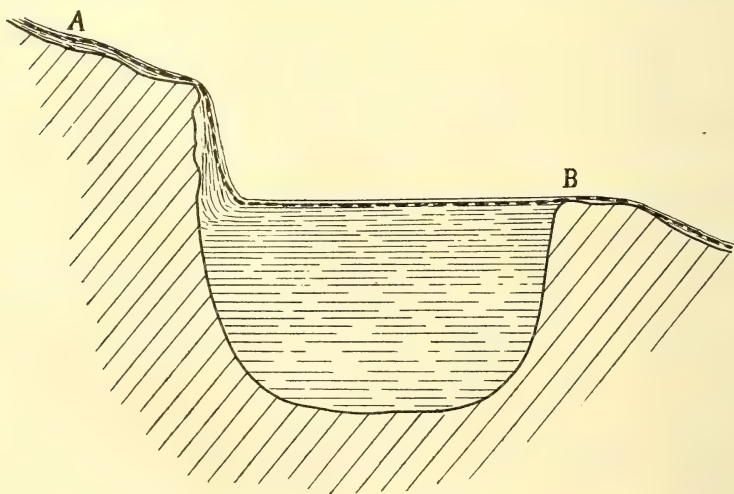


FIG. 4.

5 mètres et profonde de 2^m,50, a très sensiblement la forme hémisphérique; elle est alimentée par un ruisseau plus notable que le précédent, qui y tombe en cascade, de 1 mètre environ de hauteur.

Ici, la matière colorante versée dans le ruisseau (en A) s'est d'abord répandue à la surface de la masse liquide de la cuvette et, marchant en éventail, a gagné assez rapidement le point B, pour se déverser alors à l'extérieur. La masse d'eau de la chaudière, dont le fond est ici très abaissé, n'a nullement, dans ces profondeurs, la rapide vitesse de translation de la surface, et peu à peu elle s'est colorée uniformément.

Comme conclusion à ces expériences, nous croyons pouvoir dire :

1° Qu'on peut considérer comme pratiquement nulle la variation de densité que la fluorescéine communique à l'eau dans laquelle elle entre en dissolution.

2° Que la fluorescéine sert à nous montrer la plus grande vitesse des courants et à étudier ces courants, ainsi que leur répartition.

M. le capitaine *Mathieu* demandant si M. *Martel* n'a pas montré que la fluorescéine allait au fond des ruisseaux expérimentés. M. *Van den Broeck* observe que M. *Martel* n'a pas fait de solution, mais a simplement expérimenté avec de la fluorescéine en poudre, laquelle s'agglomère partiellement en grains, que leur poids fait alors naturellement couler au fond et tapisser les parois inférieures du cours d'eau.

M. *Rutot*, d'autre part, pose la question de savoir si c'est bien la fluorescéine qui convient le mieux pour faire de telles expériences et si un autre colorant ne répondrait pas mieux au but à atteindre.

M. *Van den Broeck* fait remarquer à ce sujet qu'avec la fluorescéine on a toujours pu, non seulement constater mieux qu'avec aucune autre substance la vitesse de l'eau la plus grande, mais encore qu'elle seule permet d'obtenir le phénomène de *dichroïsme*, qui, beaucoup plus que la coloration, est l'objectif dont le fluorescope s'efforce de déceler la présence.

L'existence de ce dernier phénomène est une preuve bien plus décisive de la présence, même à très petite dose, de la fluorescéine que l'apparition d'une coloration verdâtre, qui peut être due à d'autres causes, purement accidentelles.

M. *Stainier* observe enfin qu'avec l'emploi d'une autre substance, le résultat purement colorant serait le même, les mêmes phénomènes, sauf le dichroïsme, se produisant. Lorsqu'on se trouve en présence de substances de densités différentes, le mélange se fait avec une grande lenteur.

Restant dans le même cadre d'études, la parole est donnée à M. J. Du Fief, pour sa communication intitulée :

Action de l'acide carbonique, du limon, du calcaire et de la lumière sur la fluorescéine, par J. DU FIEF.

Les quelques expériences dont l'exposé va suivre ont été entreprises à la suite du désir qu'avait exprimé notre secrétaire, M. Van den Broeck, de voir continuer plus minutieusement l'étude des causes de destruction de la fluorescéine, notamment celle de l'action qu'exerce sur celle-ci l'acide carbonique.

J'ai examiné successivement comment la fluorescéine se comporte en présence de la lumière, au contact du calcaire de Givet, dans lequel on trouve le plus souvent les rivières souterraines, ainsi qu'au contact du limon que ces dernières déposent toujours dans les cavernes et enfin sous l'influence de l'acide carbonique.

Pour l'étude de l'action exercée par la lumière, j'ai préparé trois solutions de fluorescéine à des titres différents : l'une au 1 000 000^e, la seconde au 10 000 000^e et la troisième au 100 000 000^e; les deux premières sont fortement colorées, tandis que la troisième ne l'est que d'une façon très peu sensible examinée dans un ballon en verre de 1 litre; mais sa teinte est bien nette vue au fluorescope.

C'est le fluorescope Trillat-Marboutin qui a servi pour toutes les déterminations qui vont suivre.

Ces différentes solutions, ainsi que celles qui ont servi pour toutes les autres expériences, ont été préparées avec de l'eau privée d'acide carbonique par ébullition prolongée et refroidie à l'abri du contact de l'air.

En même temps que les trois solutions précédentes étaient exposées à la lumière solaire, une partie en était conservée dans l'obscurité complète pour servir de témoin. Ces solutions étaient contenues dans les tubes de verre du fluorescope, complètement remplis et bouchés, de sorte que dans ces conditions l'acide carbonique de l'air ne peut être accusé d'avoir contribué à la destruction de la fluorescéine.

Un premier examen au fluorescope a eu lieu après deux heures d'exposition au soleil.

Dans la solution la plus forte (1 000 000^e), la différence est peu sensible à cause de l'intensité de la teinte, tandis que la solution au 10 000 000^e a passé du vert-jaune très vif au vert-gris que présentent les solutions faibles de fluorescéine.

Enfin, la teinte la plus faible (100 000 000^e) a très fortement diminué d'intensité. Cette dernière, examinée après trois heures, n'est plus que difficilement appréciable par comparaison avec la solution conservée dans l'obscurité, et au bout de quatre à cinq heures la décoloration a été absolue.

Les deux autres ont continué à s'affaiblir graduellement, mais les heures de soleil ont été trop rares pour pouvoir déterminer exactement le temps nécessaire à la décoloration complète.

La disparition de la fluorescéine dans des solutions concentrées offre du reste moins d'intérêt, car dans la pratique des recherches sur le terrain, c'est le plus souvent des solutions très diluées que l'on doit examiner.

Cette expérience a été faite au mois d'octobre, alors que la lumière solaire n'est plus très vive; il n'est pas douteux qu'en été l'action exercée par la lumière serait encore bien plus manifeste, à cause de sa plus grande intensité en cette saison.

Cette influence de la lumière montre toute l'importance qu'il y a, lorsqu'on prélève des échantillons d'eau pouvant contenir de la fluorescéine, à les conserver dans l'obscurité si l'examen au fluorescope ne peut se faire sur place au moment du prélèvement.

Étant donnée l'influence destructive de la lumière sur la matière colorante, toutes les expériences suivantes, faites avec le limon, le calcaire et l'acide carbonique, ont été réalisées dans l'obscurité, de façon à écarter complètement le facteur lumière.

Cette condition d'obscurité devrait toujours être observée dans l'étude de l'action qu'exercent différents agents sur la fluorescéine.

J'ai choisi comme type une solution de fluorescéine au 100 000 000^e parce que, d'une part, la teinte d'une telle dilution vue au fluorescope est parfaitement nette, et que, d'autre part, elle est assez faible pour être facilement influencée par les agents décolorants.

Passons maintenant à l'action exercée par le limon. Cet essai a été fait avec du limon provenant d'une petite grotte creusée dans le Givétien aux environs d'Aywaille; il y est apporté par un ruisseau assez important qui la traverse. C'est du reste de là également que provient l'échantillon de calcaire qui a servi à l'expérience dont je parlerai plus loin.

Dans deux grandes éprouvettes bouchées, j'ai mis 250 grammes de limon sec; dans l'une 400 centimètres cubes de la solution au 100 000 000^e et dans l'autre la même quantité d'eau pure.

Il est indispensable de comparer le liquide coloré avec de l'eau qui

a séjourné le même laps de temps sur une quantité égale de limon, car ce contact donne à l'eau une coloration jaunâtre, qui persiste malgré deux ou trois filtrations et qui rend impossible la comparaison avec de l'eau pure.

Les deux éprouvettes ont été fréquemment agitées; puis, après vingt-quatre heures, le contenu fut filtré à plusieurs reprises et soumis à un premier examen au fluorescope : la fluorescéine n'avait pas diminué d'intensité. Le même examen, recommencé après cinq jours, donne le même résultat : la teinte reste sensiblement la même que le premier jour. Le liquide, examiné une dernière fois au bout de douze jours, n'offre aucun changement appréciable.

Il semble résulter de cela que l'on peut sans danger employer la fluorescéine dans des eaux limoneuses, d'autant plus qu'elles ne sont jamais aussi fortement chargées de terre que dans l'expérience précédente, seulement l'appréciation de la teinte est beaucoup plus difficile dans ces conditions.

Une dilution un peu plus grande pourrait même très facilement faire passer inaperçue la fluorescéine; mais elle n'est pas détruite par le limon.

Voici maintenant dans quelles conditions a été faite l'expérience avec le calcaire. 700 grammes de calcaire de Givet, réduits en fragments de la grosseur du fin gravier, pour multiplier le plus possible les surfaces, et bien lavés, ont été placés dans une éprouvette et recouverts entièrement de la solution de fluorescéine au 100 000 000^e, soit environ 350 centimètres cubes. Au bout de vingt-quatre heures, la solution filtrée a été comparée à la solution type de fluorescéine.

Les deux teintes sont identiques; il en est encore de même après cinq jours de contact avec les fragments de calcaire. Et même après douze jours la teinte est aussi nette et aussi intense qu'au début de l'expérience.

Le calcaire de Givet n'a donc pas d'action sur la fluorescéine, car dans les conditions précédentes il était seul à pouvoir modifier la solution qui était soustraite à l'influence de la lumière et de l'acide carbonique.

Il reste maintenant à examiner comment se comporte la fluorescéine en présence de l'acide carbonique.

Pour cela, dans un demi-litre de solution de fluorescéine au 100 000 000^e, j'ai fait passer très lentement un courant d'acide carbonique; après que 1 litre de gaz eut barboté dans la solution, j'ai examiné au fluorescope : la décoloration était absolument complète. Cette

dissolution décolorée a été conservée ainsi pendant plusieurs jours ; mais il a suffi d'y ajouter quelques gouttes d'ammoniaque pour régénérer la teinte, qui est redevenue absolument ce qu'elle était avant la décoloration par l'acide carbonique. J'y ai alors fait de nouveau passer de l'acide carbonique, qui a d'abord neutralisé l'ammoniaque, laquelle avait été ajoutée en excès, puis a de nouveau décoloré la fluorescéine qui du reste a réapparu par l'ammoniaque aussi complètement que la première fois.

L'acide carbonique transforme donc la fluorescéine, mais ne la détruit pas.

J'ai fait une seconde expérience dans des conditions se rapprochant plus de ce que l'on rencontre dans la nature. Dans 1 litre d'eau distillée contenant en dissolution 50 centimètres cubes d'acide carbonique, ce qui est une teneur que l'on trouve dans des eaux de rivière en saison froide, j'ai ajouté de la fluorescéine pour amener le titre à $1/100\ 000\ 000$. Il n'y avait aucune coloration visible, mais un peu d'ammoniaque a donné la teinte exactement semblable à celle de la solution type au $100\ 000\ 000^e$.

Enfin, j'ai fait une troisième expérience dans les conditions suivantes :

J'ai recueilli de l'eau de pluie pendant une averse ; elle renfermait donc de l'acide carbonique dissous par son passage dans l'atmosphère. Une partie en a été conservée comme terme de comparaison, et dans le restant j'ai ajouté une première fois la quantité voulue de fluorescéine pour amener la solution au titre du $100\ 000\ 000^e$: aucune coloration n'était visible. La même eau renfermant deux fois plus de fluorescéine était toujours aussi incolore. Ce n'est que lorsque la concentration de la solution eut atteint la proportion de $1/25\ 000\ 000$ de matière colorante que la coloration devint bien visible au fluorescope ; elle se rapprochait alors très sensiblement de la teinte d'une solution quatre fois moins concentrée, mais ne contenant pas d'acide carbonique. En ajoutant un léger excès d'ammoniaque, l'eau passa de suite au vert vif correspondant à sa teneur réelle en fluorescéine.

La disparition momentanée de la fluorescéine par l'acide carbonique et l'absence d'action exercée sur celle-ci par le calcaire m'ont amené à contrôler, par une expérience, l'action combinée de ces deux agents. Théoriquement, une solution de fluorescéine décolorée à cause de la présence d'acide carbonique, et mise en contact avec du calcaire, devrait reprendre spontanément sa couleur par suite de la combinaison du gaz avec la roche et de sa transformation en carbonate de chaux.

L'expérience confirme absolument la théorie. Un quart de litre de solution au 50 000 000^e, complètement décolorée par un excès d'acide carbonique, a été mis en contact avec 250 grammes de petits fragments de calcaire. Après deux jours, une légère coloration a commencé à réapparaître, et au bout de quatre jours, elle avait repris son intensité première ; seulement, la teinte, légèrement modifiée, était d'un vert plus jaunâtre que celle du tube témoin. Dans ce cas, le calcaire a donc agi vis-à-vis de la fluorescéine comme un véritable contrepoison de l'acide carbonique.

Je crois donc pouvoir conclure de ce qui précède que ni certains limons ni le calcaire de Givet n'ont d'action appréciable sur la fluorescéine, tandis que la lumière exerce sur ses solutions diluées une action destructive irrémédiable, car, naturellement, dans ce cas l'emploi de l'ammoniaque est parfaitement inutile.

Quant à l'acide carbonique, c'est un ennemi facile à combattre, étant donnée la faculté de régénérer la fluorescéine par l'addition d'ammoniaque.

Il serait donc désirable que, chaque fois qu'une recherche faite à l'aide de fluorescéine donne un résultat négatif, on s'assurât, par l'emploi de l'ammoniaque, qu'il n'y a réellement pas de matière colorante dans l'eau que l'on examine ; lorsque ce réactif provoque un précipité, il faut séparer celui-ci par filtration. Cette simple précaution pourrait éviter des erreurs dans l'interprétation des résultats d'une expérience faite sur le terrain.

Ces quelques notes contribueront peut-être à la réhabilitation de la fluorescéine vis-à-vis de ceux qui n'ont pas confiance en son emploi.

M. Fievez rapporte que von Bezold (1) a fait des expériences intéressantes sur les figures produites dans les liquides colorés par des dissolutions d'aniline ou simplement par de l'encre. Il a décrit dans les *Wiedemann's Annalen*, en 1885, les curieuses déformations que subissaient ces figures. Ils les a attribuées aux courants de convection qui règnent dans les liquides à cause des différences de température qui existent toujours dans les chambres. Ces différences produisent dans tous les milieux liquides ou gazeux des différences de densité. Il en résulte que sous l'action de la pesanteur, le liquide ou le gaz ne peut

(1) *Ueber Stromsfiguren in Flüssigkeiten*, reproduit avec les figures dans WIEDEMANN'S ANNALEN, 1885, t. XXIV, p. 569.

rester en équilibre. Les différences de température des parois du vase dans lequel se trouve le gaz ou le liquide renouvellent sans cesse les différences de densité, qui entretiennent un mouvement de giration plus ou moins compliqué au sein de la masse fluide.

Note de M. le capitaine Rabozée sur l'opportunité d'emploi de la Fluorescéine.

En présence des discussions et des divergences de vues qui surgissent au sujet de la fluorescéine, M. le capitaine *Rabozée* croit utile de rappeler sommairement comment, d'après lui, se pose la question de l'emploi de cette matière en vue de l'étude des circonstances du mouvement de l'eau.

La fluorescéine sert de *témoin* dans l'eau dont on étudie le mouvement, de façon à individualiser en quelque sorte un certain nombre de molécules du liquide pour pouvoir les suivre ou les retrouver en aval.

Si l'introduction de la fluorescéine dans l'eau ne modifie pas les conditions du mouvement du liquide et si la matière colorante n'est pas altérée en cours de route, on conçoit que l'observation de la marche de la coloration indiquera, en le rendant sensible à l'œil, comment se produit le mouvement de l'eau non colorée.

Or, il semble *a priori* que les solutions réellement employées dans la pratique sont tellement diluées que les constantes dont dépend le mouvement (densité, coefficient de frottement du liquide sur lui-même et sur les parois) ne peuvent pas être modifiées au point d'avoir pratiquement une influence appréciable sur les lois du mouvement du liquide.

Prétendre que l'introduction de la matière colorante modifie (notamment) les conditions du mouvement revient à admettre que l'on connaît les conditions du mouvement dans l'eau non colorée.

En résumé, pour tirer une conclusion quant à l'influence de la fluorescéine sur le mouvement de l'eau, il faut supposer connue la solution du problème que la matière colorante a pour but de résoudre. Or ce problème, tel qu'il se pose en hydrologie, ne peut pas être résolu par les formules usuelles de l'hydraulique où l'on n'a généralement en vue que la détermination des débits et des vitesses moyennes; l'hydrologie étudie en outre les vitesses maxima, les vitesses minima et la façon dont s'effectuent les mélanges en cours de route. Les matières colorantes et les matières en dissolution susceptibles d'être révélées facilement peuvent seules, à notre avis, fournir ces éléments; et nous pensons que la fluorescéine donne les meilleurs résultats.

Aussi longtemps qu'on n'aura pas prouvé formellement que l'introduction d'une matière colorante modifie le mouvement du liquide dans lequel on l'incorpore, il faudra admettre que les constatations relevées dans la marche de la coloration fournissent des indications exactes sur les circonstances de ce mouvement, à condition, bien entendu, que la matière colorante ne soit pas altérée en route.

Or, dans les essais effectués avec la fluorescéine, nous ne voyons rien qui soit en opposition avec les lois ordinaires de l'hydraulique. Quelques expérimentateurs ont cru découvrir, dans leurs essais, des faits de nature à accuser la fluorescéine d'apporter de notables perturbations dans le mouvement de l'eau; nous croyons que cela est dû à la défec-tuosité des opérations ou à des erreurs d'interprétation; sans doute même ces craintes ne se produiront plus quand de nombreux essais auront fait voir combien est variable l'allure du mouvement des différents filets et auront montré que dans la plupart des cas de la nature, le mouvement d'un flotteur, que l'on considère volontiers comme définissant bien le mouvement, ne donne qu'une idée très inexacte du phénomène de l'écoulement.

M. *Kemna* trouve dans l'action décolorante de la lumière et de l'acide carbonique signalée par M. Du Fief, l'explication possible de cette curieuse anomalie du « retard » de la fluorescéine. Le résultat négatif des expériences avec l'argile et le calcaire est assez étonnant; il y a quelques jours à peine, l'orateur a décoloré des eaux jaunes tourbeuses et enlevé une bonne partie du fer dissous, par simple agitation avec du carbonate de chaux précipité. Il y a quelques années, Klement, opérant avec du spath pulvérisé sur les eaux brunes du puits de Willebroeck, avait obtenu le même résultat. M. Du Fief a travaillé avec des doses massives de substance solide, pour se mettre dans les conditions réalisées pour les eaux du sous-sol. La fluorescéine a pourtant un poids moléculaire assez élevé pour qu'on eût pu s'attendre à la voir soustraite à la solution par les corps absorbants; il serait intéressant de rechercher si elle résiste aussi à des décolorants plus énergiques, comme le noir animal, l'alumine précipitée (1) ou l'oxyde ferrique.

(1) L'alumine précipitée détruit la coloration, mais ne se charge pas elle-même de la couleur, comme elle le fait avec les matières humiques. Dans le filtrat à peine teinté, l'ammoniaque fait réapparaître une légère fluorescence. Vis-à-vis de la fluorescéine, l'alumine semble donc jouer le rôle d'un acide.

M. Rabozée pense qu'il peut y avoir des causes qui peuvent fausser un peu les expériences, mais il estime que les matières colorantes sont ce qu'il y a de mieux pour reconnaître le mouvement de l'eau.

M. Van den Broeck donne ensuite lecture de la note de M. Dienert : **Étude des courants souterrains au moyen de la boussole et des courants électromagnétiques.**

L'assemblée décide que ce travail sera inséré dans les *Mémoires* et la discussion aura lieu ultérieurement.

A la suite de cette lecture, M. Kemna fait remarquer que l'historique de la méthode utilisant la conductibilité électrique à l'analyse des eaux a été fait tout récemment par M. F. Schoofs, de l'Institut d'hygiène de l'Université de Liège (*Technologie sanitaire*, 15 avril 1902, vol. 7, p. 429, et 1^{er} juillet 1902, p. 559). La même idée semble être venue à plusieurs savants et d'une façon indépendante. Il paraît que dès 1887, on a utilisé le sel et le téléphone pour suivre des courants d'eau souterrains. Le terme nouveau « résistivité » employé pour « résistance » n'a pas un avantage bien appréciable.

M. Rabozée résume en séance la communication suivante envoyée par M. E.-A. Martel :

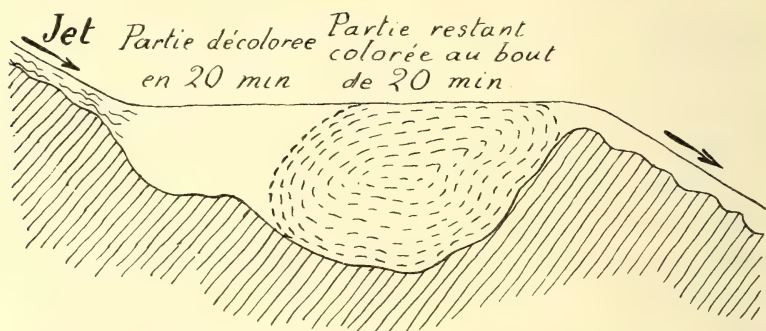
**E.-A. MARTEL. — Expériences complémentaires
sur la fluorescéine.**

Au cours d'une mission d'études officielles dont j'ai été chargé cet été au Caucase occidenta¹ par S. Ex. A. Yermoloff, Ministre de l'Agriculture et des Domaines de Russie, j'ai effectué de nouvelles expériences de coloration de cours d'eau à la fluorescéine; l'absence de localités habitées et le parcours que j'avais à effectuer le long des thalwegs m'ont mis à même de réaliser des observations précises et suivies surtout pendant de longues distances; j'en donne ci-après les résultats tels qu'ils sont consignés dans mes notes prises sur place, afin de les livrer dans toute leur sincérité aux critiques et discussions qu'ils sont de nature à provoquer.

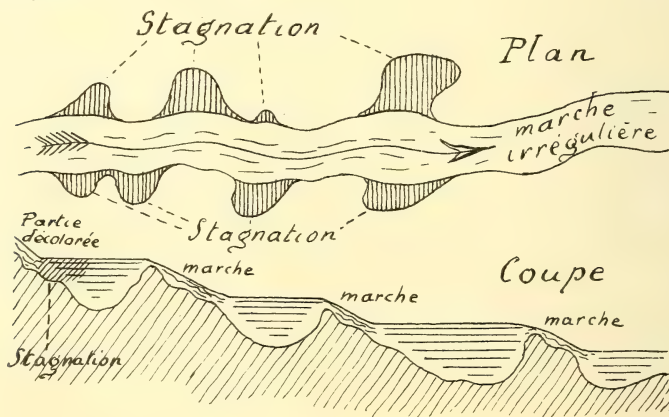
I. 26 août-8 septembre 1902. — Vallée de la Dagomis orientale : 15 kilomètres Nord de Sotchi (littoral caucasien de la mer Noire, entre Novorossiisk et Soukhum).

Torrent de montagne à pente de 8 ‰. Débit évalué (?) : 2 mètres

cubes par seconde; 500 grammes de poudre jetés à 8 h. 40 dans une cascaille écumeuse, en amont d'un bassin de 4 à 5 mètres de diamètre et 1 mètre de profondeur. La dilution (disparition de la poudre rouge) est à peu près immédiate et la flèche de tête file rapidement; à 9 heures, le bassin est encore coloré, mais seulement dans sa portion aval et au fond, sans aucune décantation dans la portion amont; en aval, la coloration verte intense s'arrête dans les bassins et dans toutes



les parties latérales sans courant, et n'en est expulsée que très lentement; donc une portion est non pas retardée précisément, mais retenue comme dans des poches; dans ces poches, on remet la coloration en mouvement vers l'aval, soit en agitant l'eau avec un bâton, soit en y jetant des pierres qui font légèrement déborder la poche (comme le font évidemment les crues).



En une heure vingt minutes, la tête n'a pas fait 3 kilomètres.

Conclusions provisoires : La vitesse d'un torrent est faible; et ce genre de courant est un détestable champ d'expérience, à cause de l'irrégularité de sa marche, pour l'étude normale de la vitesse de l'eau;

mais il enseigne peut-être en quoi consiste réellement le retard de la fluorescéine, qui est en grande partie localisée, pour ainsi dire emprisonnée, dans les espèces de culs-de-sac où elle s'engage sur les bords et au fond. Mais pourquoi n'en sort-elle pas aussi rapidement qu'elle y arrive?

II. 30 août-12 septembre 1903. — Vallée de la Matzesta (6 kilomètres Est de Sotchi).

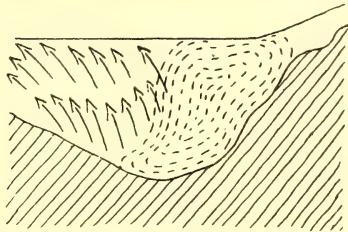
Aussi torrentielle que la précédente et même pente (8 ‰), mais débit plus fort (3 à 4 mètres cubes par seconde).

Un kilogramme, jeté à 4 $\frac{1}{4}$ heures par 125 mètres d'altitude, a fait 3 kilomètres en 1 $\frac{1}{2}$ heure, soit 2 kilomètres à l'heure; cours extrêmement sinueux avec ruptures de vitesse probables à chaque coude.

Peu de bassins de retenue, mais quantité de blocs rocheux et subdivisions de bras ou de passages sans profondeur, avec un lit de galets assez large; c'est-à-dire multiplication des frottements.

III. 31 août-15 septembre 1903. — Vallée de la Khosta orientale (10 kilomètres Est de la précédente).

Torrent comme les autres, pente 9 ‰. Débit : 2 à 3 mètres cubes par



seconde; 1 kilogramme; la coloration met une heure à disparaître du point de jet, où s'observe nettement, dans un bassin *précédé d'un rapide*, l'allure suivante : la poudre rouge commence par tomber au fond, puis la couleur remonte en filets intermittents émanant comme de points émissifs et s'élevant obliquement vers la surface pendant une heure; il y a donc un temps appréciable nécessaire pour que la dilution s'opère, et les facteurs densité et accrochage des particules ne sont pas négligeables. Que se produirait-il si la poudre était au préalable dissoute dans l'eau ou l'ammoniaque? Cette dissolution *complète* est-elle *matériellement* réalisable et dans quel volume de liquide approprié? Avant que toute la rivière soit colorée, la partie la plus rapide du courant refoule latéralement les premières volutes fortement teintées et semble faire obstacle à la dilution. — Constaté 4 kilomètres en 2 $\frac{1}{2}$ heures.

Conclusion à discuter : Le temps nécessaire à la dilution et à la progressivité de celle-ci semble vraiment bien synonyme de *retard réel*, et il paraît qu'une infime partie de la substance épouse la réelle vitesse maximum de l'eau. Si l'on met trop de couleur, on fausse les éléments du problème; si l'on en met moins, on ne distingue plus la coloration.

La question se complique de plus en plus!

IV. 8-12 septembre. — Rivière Sotchi, en amont de Plastunskoje, à 15 kilomètres de l'embouchure. La pente n'est plus que de 5 ‰ et la rivière approche de son profil d'équilibre; petit fleuve mesurant déjà plus de 50 kilomètres depuis ses sources; débit impossible à évaluer, supérieur à 15 ou 20 mètres cubes.

Deux kilogrammes, jetés à 75 mètres d'altitude, produisent une coloration rapidement réalisée, qui s'étend, en une demi-heure, sur plus de 1 1/2 kilomètre de longueur et accuse une vitesse de 3 1/2 à 4 kilomètres à l'heure. La nuit a empêché de voir l'arrivée en mer.

Conclusion : La vitesse dépend beaucoup plus du débit que de la pente (voir mes notes précédentes).

V. 14-27 septembre. — Fleuve Mzimta (à l'Est de Sotchi), long de plus de 100 kilomètres et descendant de cimes de 3 000 à 3 500 mètres. Débit ignoré; doit arriver à 50 mètres cubes par seconde.

A 8 1/2 heures, par 550 mètres d'altitude, 2 kilogrammes jetés dans le torrent dit « Ruisseau fou », série de cascates rapides et écumeuses, qui provoquent une *dilution à peu près immédiate* sans aucune retenue dans des bassins intermédiaires; la dilution paraît favorisée par la division infinie de filets d'eau très multipliés et très véloces.

A 9 1/2 heures cependant, la coloration est encore visible, mais manifestement affaiblie, 1 kilomètre plus loin et 80 mètres plus bas (pente 80 ‰). Je n'ai pu, en ce point, arriver à temps pour constater la venue de la tête, à cause d'un détour nécessité par les difficultés du terrain. Mais un peu au-dessous dudit point, au confluent de la Mzimta, la coloration du fleuve est intégrale et éclatante; le mélange des eaux des deux courants est donc intime. Dans la Mzimta, la tête a une forte avance sur nous; nous ne la rejoignons (en voiture, par la route qui suit la vallée) qu'à midi, à 14 kilomètres du point de jet; les sinuosités du fleuve atteignent au moins 21 kilomètres, et la coloration au confluent ayant dû commencer vers 9 heures, la vitesse peut être considérée comme de 7 kilomètres à l'heure; la pente, tout à fait torrentielle, est de 11 à 12 ‰.

En aval, la coloration (tête) a été observée jusqu'à la nuit; à 6 heures du soir, elle avait parcouru (sinuosités comprises) au moins 70 kilomètres (descente totale : 420 mètres; pente moyenne 6 ‰) en 9 heures, soit près de 8 à l'heure. Ce chiffre est conforme aux études de M. l'ingénieur Constantinoff qui, lors de la construction du pont de fer de la Mzimta, en amont d'Adler, a dû calculer, par différents autres procédés, la vitesse du fleuve et l'a trouvée égale à 8 à 10 kilomètres par heure en moyenne. Elle s'accélère donc à l'aval, à mesure que la pente diminue et que les affluents (volumineux) accroissent le débit, sans d'ailleurs atténuer beaucoup la coloration. La quantité jetée a été suffisante pour que, au 20^e kilomètre de la route (au moins le 35^e du fleuve), nous ayons vu la coloration s'écouler pendant plus d'une heure de halte (par conséquent plus de 8 kilomètres de longueur).

Conclusion : Le jet rapide d'une forte quantité de substance, en un point bien choisi pour précipiter la dilution et hâter le brassage, assure donc une longue durée et une puissante extension de la coloration, même à l'œil nu, même en plein soleil et malgré l'apport latéral constant d'abondantes eaux affluentes. La pratique du jet à intervalles séparés semble définitivement moins recommandable. La coloration d'un fleuve de moyenne puissance serait intéressante à exécuter (la Meuse, de Givet à Namur, par exemple) en notant par cinq séries de postes observateurs la vitesse respective : 1^o de la tête extrême de coloration visible au fluorescope; 2^o de la tête visible à l'œil nu; 3^o du noyau ou portion la plus colorée; 4^o de la queue visible à l'œil nu; 5^o de la queue visible au fluorescope.

VI. 2-15 octobre. — Rivière Sotchi (voir n^o IV), à 1^{km}7 en amont de l'embouchure; la pente ne doit pas dépasser 1 à 2 ‰ et le débit, après de fortes pluies, atteignait au moins 50 mètres cubes; 2 kilogrammes jetés à 2 h. 45; la tête de la coloration atteint la mer à 3 h. 10, soit 1700 mètres en 25 minutes, correspondant à 3 1/2 à 4 kilomètres à l'heure, exactement comme dans l'expérience IV, exécutée avec moindre débit et pente plus forte. Faute de rapides et cascades, la dissolution de la poudre s'est très mal opérée; une partie s'est absolument *accrochée* aux berges d'un îlot dont le pourtour continue à émettre des filets colorés longtemps après que le courant même est revenu à sa teinte normale (d'ailleurs bourbeuse ce jour-là).

Dans ce courant, la tête forme d'abord une flèche mince, suivie d'un filet qui se maintient sur la rive droite, côté où a eu lieu la projection de poudre; ce n'est qu'au bout de 800 mètres de parcours et 15 minutes

de temps, en amont du pont de la route, que tout le fleuve est coloré à la suite du brassage dans un fort rapide qui occupe toute la largeur du courant; immédiatement en aval, entre le pont et la mer, une île donne lieu à deux bras inégaux : le plus petit et le moins rapide des deux *n'est que très faiblement coloré*. Un bassin latéral sans courant et avec léger remous *retient* la couleur un certain temps, comme les berges de l'îlot d'amont : plusieurs épis ou petites digues transversales, destinés à briser le courant lors des crues, arrêtent aussi quelque peu la coloration.

Conclusions : Nécessité de la dilution préalable ou du jet dans un fort courant, *très subdivisé* (voir V); *paresse* de la poudre à s'assimiler complètement au courant entraîneur; compensation de la diminution de pente par l'accroissement de débit; adhérence de la poudre aux rives; inégalité de coloration autour d'une île, et retenue par les bassins ou obstacles.

En résumé, les essais dont je viens de rendre compte ne m'encouragent guère à continuer les recherches sur ce sujet; car ils m'amènent à croire que nous perdons quelque peu notre temps en voulant appliquer la fluorescéine à l'étude de la vitesse réelle ou moyenne de l'eau, à cause des accidents variés qui rendent la plupart de ses indications illusoires. Et je pose la question de savoir s'il ne serait pas sage de se borner à employer cette substance pour constater uniquement la communication souterraine de telles pertes données avec telles résurgences connues; et si nous ne cherchons pas midi à quatorze heures en demandant à la fluorescéine des déductions plus précises, qu'elle est peut-être incapable de nous fournir!

Discussion de la théorie Stübel sur le Volcanisme.

Il est donné lecture des communications ci-après, reçues à l'occasion des vues de M. Stübel, récemment exposées devant la Société par M. le professeur W. Prinz et auxquelles a également fait allusion une récente note de M. Van den Broeck. (Voir séances des 18 novembre 1902 et 20 janvier 1903.)

Communications reçues de M. A. de Lapparent au sujet des vues de M. Stübel.

MON CHER COLLÈGUE,

En ce qui concerne l'exposé de la thèse du volcanisme, je vous avouerai que je me sens *effrayé* par l'excès de précision, qu'à la suite de MM. Stübel, Prinz et autres, vous cherchez à mettre dans une matière où l'on ne peut entrevoir que les grandes lignes. Je reste en grande

défiance devant les conceptions de M. Stübel. Elles me paraissent en contradiction avec ce fait indéniable, si bien constaté en Scandinavie, en Amérique, en Asie, que partout où il y a de l'*Archéen* authentique, cet *Archéen* est effroyablement disloqué et injecté de roches granitoïdes, non par l'effet de dérangements ultérieurs, mais comme condition normale de sa formation. Exemple : l'*Archéen* si disloqué de Finlande, qui supporte du Cambrien, demeuré horizontal depuis lors.

Jamais une pareille condition n'eût pu se produire, à mon sens, si, à l'époque archéenne, il y avait déjà eu, sur le globe, l'écorce planétaire et l'énorme cuirasse imaginées par M. Stübel. Sur un pareil support, les couches archéennes n'auraient jamais eu la mobilité que trahit leur allure actuelle.

La question des *foyers isolés* ne soulève de ma part aucune objection. Vous avez reconnu vous-même que je ne comprenais pas autrement le volcanisme. Le feu central subsiste ; mais il est évident que l'on ne saurait, sans enfantillage, vouloir le tenir partout en communication directe et facile avec la surface ; sur ce point, nous nous entendrons aisément.

En revanche, je n'admettrai jamais la prétention de nier les actions tangentielles, ou de n'y voir que l'effet des changements de volume d'un laccolithe. Les grands traits de la surface du globe ont été fixés *dès le début*. L'océan Pacifique et la grande trainée des dépressions méditerranéennes n'ont pas cessé d'exister dès les âges les plus anciens, leurs limites marquant le contact des zones résistantes de l'écorce avec celles qui continuaient à s'affaïsser. Quand on voit la netteté des contours du Pacifique et la raideur de la pente moyenne des rivages, c'est, à mes yeux, de l'enfantillage de ne vouloir pas y reconnaître un phénomène de premier ordre, embrassant toute l'écorce et non pas seulement le voisinage de tel ou tel foyer volcanique.

J'applaudis à vos efforts pour exclure l'eau marine de toute action directe dans le volcanisme, et je vous accorde volontiers qu'à la haute température des laves, les éléments de l'eau sont dissociés (comme le prouve d'ailleurs l'examen des fumerolles sèches).

En ce qui concerne les tremblements de terre, permettez-moi de vous renvoyer à l'article si suggestif que leur a consacré M. John Milne dans le *Geographical Journal* de janvier 1903 (article dont j'ai donné une analyse dans un des numéros du *Journal des Savants*, ainsi que dans une livraison du *Correspondant*) (1).

(1) Cette analyse de M. A. de Lapparent, jointe à celle de deux articles de M. Oldham, se trouve reproduite aux pages 77-90 de nos *Traductions et Reproductions* du BULLETIN de cette année et y porte le titre de : *Le progrès des études sismologiques*.

(NOTE DU SECRÉTARIAT.)

La liaison de la sismicité avec les dislocations de l'écorce y éclate avec une évidence convaincante. Par conséquent, il est permis de condamner toute conception, comme celle de M. Stübel, qui ne fait *aucune part* à cette indéniable mobilité, ou du moins qui n'y veut voir qu'un phénomène local et presque négligeable. Lisez l'article de Milne, consultez la carte si suggestive qui l'accompagne, et je suis sûr que l'évidence vous sautera aux yeux.

En résumé, voici les données fondamentales que je considère comme acquises :

Mobilité, prouvée à travers tous les âges géologiques, de certaines parties de l'écorce terrestre, dessinant de bonne heure des compartiments, dont les bords disloqués deviennent les voies de communication de l'extérieur avec l'énergie interne.

Action permanente de cette énergie qui, vraisemblablement, à mesure que l'écorce augmente d'épaisseur, tend à se manifester de plus en plus par des foyers distincts.

Élaboration progressive de ces foyers avec départ des gaz se produisant à des époques critiques et engendrant la *volcanicité* sous toutes ses formes.

Tassement continu des compartiments disloqués, engendrant la *sismicité*.

En dehors de ces données générales, tout essai de plus grande précision me paraît prématuré.

(s.) A. DE LAPPARENT.

Notre éminent confrère nous a encore envoyé la lettre suivante, consacrée au même sujet :

MON CHER COLLÈGUE,

J'ajoute ce qui suit pour que vous en fassiez l'usage qu'il vous plaira, quand, comme et où vous voudrez.

On s'en prend souvent à la figure schématique rappelée par vous, (fig. 1, p. 21 du Procès-verbal de la séance du 20 janvier 1905) qui montre la relation entre les dislocations de l'écorce et le phénomène volcanique; et on a beau jeu pour faire ressortir que le manque de proportion entre les longueurs et les hauteurs lui donne une vertu démonstrative qu'elle ne devrait pas avoir.

Cet argument garderait toute sa portée *si le phénomène volcanique*

avait attendu, pour se produire, que l'écorce eût 50 ou 60 kilomètres d'épaisseur.

Or, l'observation nous apprend qu'il y avait d'importantes éruptions *sur les rivages* dès l'époque précambrienne (lac Supérieur, Jersey, Trégorrois) et à l'époque silurienne (laves et cinérites du Pays de Galles).

Alors l'écorce devait être quatre ou cinq fois plus mince (sinon davantage) qu'aujourd'hui, et la figure théorique pouvait s'y appliquer sans exagération.

D'autre part, c'est à ces époques anciennes que se sont constituées les lignes faibles de l'écorce, dont la plupart n'ont fait que s'accroître depuis lors.

En outre, en ce qui concerne la disposition des foyers périphériques, que la thèse de M. Stübel fait naître à peu près partout et sans ordre, comment concilier cela avec la répartition si remarquable des volcans *sur toute la ceinture du Pacifique*, cet océan qui, *dès l'époque carboniférienne*, était déjà constitué à peu près dans son dessin actuel? Il ne s'agirait plus alors d'une série de foyers, mais d'une *ride périphérique continue*, embrassant plus du tiers de la superficie terrestre et manifestant, *tout le long de son côté interne*, la même tendance à l'affaissement!!

Ajoutez à cela que nous nous faisons encore des idées très fausses sur l'épaisseur de l'écorce en ses différents points. L'observation nous enseigne que les dépôts sédimentaires ont, en moyenne, une cinquantaine de kilomètres d'épaisseur. Mais où cela? *Uniquement contre les anciens rivages*; car nous savons que tout dépôt sédimentaire *détritique* fait défaut à 500 kilomètres des côtes.

Donc, si l'océan Pacifique est très ancien, comme j'en suis persuadé, il ne doit presque pas y avoir de croûte sédimentaire sur son fond, au moins dans le milieu; et là, l'épaisseur de la croûte n'a pu augmenter que *par le bas*, comme elle devait faire aussi sous les continents.

En résumé, nous sommes encore dans l'*enfance* de nos connaissances à l'égard de la croûte terrestre. Raison de plus pour se défier de ceux qui vous la décrivent comme s'ils étaient allés l'explorer jusqu'au fond. Souvenons-nous toujours que *nous ne connaissons absolument rien au-dessous de l'archéen*. Par conséquent, c'est de l'*imagination pure* quand, avec Stübel, on décrit et on figure une écorce terrestre où la partie connue est d'épaisseur *négligeable* relativement aux carapaces hypothétiques sur lesquelles on s'amuse à l'asseoir.

Bien à vous.

(s.) A. DE LAPPARENT.

Il est donné lecture de la communication ci-après envoyée par M. le professeur *Bergeron* :

Le Volcanisme et ses théories, par J. BERGERON.

MON CHER CONFRÈRE,

Comme je vous l'ai déjà écrit, c'est avec un très grand intérêt que j'ai lu les notes que vous m'avez envoyées, et puisque vous me faites l'amitié de me demander mon avis sur les hypothèses qui y sont exposées, je vais vous le dire en toute franchise.

Dans l'hypothèse de M. Stanislas Meunier (que je ne puis accepter en ce qui concerne l'eau de carrière) comme dans celle de M. A. Gautier, il faut admettre que pour une cause ou une autre, les roches arrivent brusquement, et non déjà échauffées, en contact avec la masse en fusion ; sinon, si elles ont subi progressivement l'action calorifique de cette roche, soit par leur descente, soit par la montée de la lave, les vapeurs et les gaz s'en sont déjà dégagés quand elles arrivent à son contact, et dès lors il ne peut y avoir explosion par suite du départ brusque de ces derniers. Comment maintenant expliquer cette mise en contact brusque ? Par une chute dans une cavité au fond de laquelle serait la matière en fusion ? Les cavités existant dans les calcaires ne peuvent être comparées à celles qui seraient nécessaires pour que le phénomène en question pût se produire, et je ne vois pas par quel processus elles se seraient formées. Par l'affaissement d'un vousoir de l'écorce terrestre dans la masse en fusion ? Il semble bien que les laves actuelles aient une densité supérieure, même à l'état de fusion, à celle de la plupart des roches anciennes ; dès lors comment expliquer le *plongeon* que devraient faire ces dernières au milieu du bain fondu pour y pénétrer brusquement ? — Par l'arrivée brusque d'une roche éruptive ? Celle-ci, si elle n'arrive pas par une faille, doit s'élever lentement en dissolvant les roches auxquelles elle va se substituer pour former les laccolithes de Stübel. Dès lors, son action doit se faire sentir progressivement, et lorsqu'une roche se trouve en contact avec la matière en fusion, elle a perdu tous ses éléments volatils. — Il ne reste plus que l'hypothèse des failles. Dans les régions où les éruptions ont été nombreuses, les failles devraient être multiples et correspondre à des dénivellations d'âges différents. Or je ne sache pas qu'il en soit ainsi.

Les phénomènes éruptifs seraient dus, pour moi, à des dégagements

spontanés de vapeurs et de gaz dissous dans la matière en fusion. Tous les métaux fondus dissolvent les gaz en contact : l'argent dissout de l'oxygène, le cuivre de l'azote, le fer des carbures et des oxydes de carbone, etc. Lorsqu'ils sont solidifiés, ils en renferment encore de grandes quantités (la pièce de 5 francs contiendrait son volume d'oxygène). Il en est de même pour les roches; les expériences de M. A. Gautier ont mis le fait en évidence et leur grand intérêt consiste en ce qu'elles ont démontré que les gaz et les vapeurs y étaient nombreux et en quantités vraiment considérables. Ils dateraient de l'époque où toute la terre était à l'état de masse fondue, entourée d'une atmosphère où se trouvaient un grand nombre de corps à l'état de vapeurs. Une chose m'étonne dans ces expériences, c'est qu'elles n'aient pas décelé la présence du chlore ni du fluor. Ces vapeurs et ces gaz se dégagent brusquement par le phénomène de rochage connu pour l'argent, la fonte, etc.

C'est ce dégagement brusque qui serait cause aussi de l'ascension de la lave. Ici j'accepte la comparaison de M. van Erthborn avec ce qui se passe dans le compresseur à air, mais non sa théorie. Je ne crois pas que l'ascension de l'eau soit due à une différence de densité, mais plutôt à un entraînement de l'eau par l'air, entraînement susceptible de donner à l'eau une force vive lui permettant de s'élever à une hauteur qui est en relation avec la force ascensionnelle de l'air. Il en serait de même pour la lave qui suivrait les gaz et les vapeurs passant par le cratère; ici, cependant, la force ascensionnelle du liquide dépend non seulement de celle des gaz, mais encore de l'état de la lave, de sa température, de sa composition chimique, etc. C'est un phénomène analogue à celui qui se passe dans l'injecteur Giffard. C'est la comparaison que je fais à mes élèves pour leur faire comprendre comment la lave peut monter dans un cratère, même quand s'est déjà produit le maximum de dégagement de gaz et de vapeurs. Comme vous le dites très bien, une partie de l'eau doit provenir de la combinaison de l'hydrogène des roches avec l'oxygène de l'air, et votre explication de l'absence de l'hydrogène dans les fumerolles me semble très plausible. Néanmoins, il doit y avoir de l'eau dans les roches mêmes; le fait est du moins certain pour les roches à structure granitoïde, d'après les travaux de M. A. Gautier, comme d'après les inclusions observées dans le quartz.

Si, aux îles Hawaï, les phénomènes explosifs sont peu importants, c'est sans doute que les gaz et vapeurs se sont déjà dégagés en grande partie; c'est ce qui expliquerait comment le mouvement ascensionnel

de la lave y est très faible. Ce ne sont que de simples oscillations, les montées pouvant correspondre aux dégagements d'hydrogène auxquels vous faites allusion. Si la pression de l'océan entourant les îles Hawaï était cause de l'ascension de la lave, il devrait y avoir quelque relation entre les mouvements de la roche éruptive et ceux de la mer; or, cette relation n'a pas été mise en évidence.

La théorie de Suess ne me paraît pas expliquer les phénomènes volcaniques; mais je n'ose en parler, vu que je ne la connais que par des analyses. Je n'ai pu trouver la communication dans laquelle il l'expose dans aucune des bibliothèques qui me soient facilement accessibles.

Je reconnais que j'oppose hypothèse à hypothèse; par suite je n'ai pas la prétention de vous convaincre. Mais il me semble (peut-être aveuglement d'auteur) que cette théorie se tient bien et qu'elle a l'avantage de bien relier les faits entre eux.

(s.) J. BERGERON.

L'hydrogène des volcans. — Extrait d'une lettre de M. A. Brun, de Genève.

.
Je ferai, pour ce qui concerne la quantité soi-disant minime d'hydrogène dégagée par certains volcans, une restriction au sujet des îles Hawaï. Si l'on collectait tout l'hydrogène qui s'allume en une heure sur cet immense lac de lave, l'on ferait une éruption formidable, à condition de collecter cet hydrogène dans une cheminée pas plus large que celle du Vésuve par exemple.

On s'exagère beaucoup la dimension de la bouche vomissante de la lave; toutes celles que j'ai pu voir sont réellement *bien petites* (Stromboli, Etna, Vésuve), sans compter celles éteintes. Ce qui trompe, c'est que la coulée s'étale assez vite. Le Kilauea, lui, est vraiment immense.

Je ne sais pas si je vous ai envoyé mes notes sur le Stromboli. Ma conviction au sujet de l'hydrogène était faite en mars 1901, durant la période que j'ai passée auprès du cratère du Stromboli. J'ai surveillé là de près les explosions et je puis assurer qu'à ce volcan, le gaz, au moment de l'explosion, ne donne pas de flamme et est *invisible*. C'est particulièrement net lorsqu'il n'y a pas de pulvérisation trop intense de la lave par l'explosion et que les blocs sont rejetés un peu gros. C'est bien le caractère de l'hydrogène qui brûle. Je vous dirai encore que je suis artilleur et que j'ai tiré pas mal de coups de canon de tout

calibre et fait sauter des mines; eh bien, je me souviendrai toujours de l'impression que me fit la première explosion du Stromboli. C'était le son du *fulmicoton*. Or l'hydrogène seul, absolument seul, peut donner ce son brusque et déchirant lors de l'explosion. (La foudre éclatant *sans écho* à 4 000 mètres d'altitude donne seule le son analogue. Je l'ai pu contrôler lors d'un orage qui m'a pris au Cervin, près de l'Épaulle suisse, à un peu plus de 4 000 mètres.)

Ce dernier raisonnement n'est peut-être pas scientifique. Mais dans ce domaine, où toutes les observations doivent se peser, je crois que celle-ci peut entrer aussi en ligne de compte. Au retour du Stromboli, je relisais les premières notes de M. A. Gautier et ma conviction se forma inébranlable.

(s.) A. BRUN.

Théorie des volcans, par ARMAND GAUTIER, Membre de l'Académie des Sciences de Paris.

1. — Vous me faites l'honneur de me demander mon opinion sur la théorie des volcans de Stübel. Je la trouve confuse et très hypothétique. Ce qui a surtout préoccupé ce savant, c'est la difficulté d'expliquer que les foyers volcaniques soient locaux, isolés, souvent très différenciés entre eux dans la même localité par la nature de leurs déjections, et par conséquent sans communication directe avec un foyer commun, ou avec un amas de lave fondue formant depuis un temps immémorial le noyau central; condition qui semble devoir donner partout à peu près les mêmes laves et les mêmes gaz. Mais cette localisation des volcans est la conséquence nécessaire de l'ascension des fluides incandescents à travers les fractures des roches, les failles de moindre résistance, où la lave est poussée par la pression même des couches solides qu'elle supporte, aussi bien, comme nous le verrons tout à l'heure, que par celle des gaz qu'elle fait naître grâce au simple réchauffement des parois des canaux qu'elle parcourt. Là où se sont faites les grandes cassures, et en particulier au bord des mers profondes, la lave parcourt les roches qu'elle transforme, comme on va le voir. Elle trouve son chemin là où sont les grandes fractures du globe, et c'est la vraie raison qui fait que les volcans sont généralement au bord des mers.

Les grands amas incandescents ou *laccolithes* de lave qui, d'après Stübel, forment chacun séparément un foyer volcanique, auraient, pense-t-il, gardé depuis des centaines de siècles leur chaleur et leur

liquidité, alors que le noyau terrestre sous-jacent, dont ils proviennent certainement, serait déjà arrivé à une température plus basse. N'est-ce pas bien difficile à admettre? Et si l'on admet, au contraire, que le noyau terrestre est encore incandescent, les laccolithes de la cuirasse de Stübel sont tout à fait inutiles à supposer. Son hypothèse n'est donc ni probable ni nécessaire, et ne repose que sur une idée hypothétique invraisemblable.

2. — Sa deuxième objection, à savoir qu'il y aurait une vraie marée de lave sensible sur tous les points du globe, si le centre de notre Terre était fondu, ou même s'il existait une sorte de mer périphérique intérieure de roches fondues sous le sol terrestre solide; cette objection, dis-je, n'a pas lieu de nous arrêter longtemps. Cette marée dont il parle, n'exercerait, en effet, d'autre pression sous les couches solides superposées des roches terrestres que celle qui correspondrait à l'action de la lune et du soleil qui les attire. Or, cette attraction peut être mesurée en chaque lieu par la hauteur de la colonne d'eau de mer soulevée dans les marées ordinaires. Elle est donc mesurée par une colonne d'eau d'une hauteur égale, au *maximum*, à la différence entre les deux niveaux de la mer au flux et au reflux. Cette pression de la marée des laves internes, si elle se produisait, serait donc très facilement équilibrée, et au delà, par la résistance des roches solidifiées, et même par les frottements de la lave à travers les canaux souterrains et fissures qu'elle parcourt avant d'arriver à la surface.

Rien n'empêche d'ailleurs que les choses se passent à peu près comme l'indique la coupe de l'écorce terrestre, d'après les vues de Stübel, schématisées à la page 597 de vos procès-verbaux de 1903, mais à la condition cependant que les laves centrales du noyau soient en communication avec les canaux internes et ceux-ci avec les failles qui vont jusqu'à la surface; canaux et fissures que parcourt la lave, avec frottements et production de gaz qui tendent à s'écouler au dehors avec la lave.

3. — Les différences d'altitudes que les laves atteignent en des points qui peuvent être très rapprochés, et la différence de nature des gaz que ces laves émettent sont, suivant moi, les conséquences nécessaires de la différence de nature des roches traversées, et de leur variable échauffement. Il en résulte plus ou moins de gaz produits aux dépens de ces roches mêmes et, par conséquent, une pression différente

de ces gaz qui, agissant sur ces laves, les éjectent au dehors avec plus ou moins de force ou les portent à une plus ou moins grande altitude.

J'en dirai autant du degré géothermique, qui ne peut qu'être variable suivant la nature des roches et le niveau d'ascension des laves profondes à travers leurs fissures. C'est bien la conséquence nécessaire de mes vues et de mes expériences, qu'en chaque point où la roche peut, grâce à l'ascension de la lave sous-jacente, atteindre 400° au moins, il se fasse une ascension d'eau et de gaz, ceux-ci différant chaque fois avec la nature de la roche au contact de la lave qui monte à travers ses failles et fissures.

4. — Veuillez remarquer que mes vues sont uniquement basées sur des expériences relatives au réchauffement des roches anciennes en vase clos. Mon premier mémoire sur l'origine de l'hydrogène de l'air est du 22 octobre 1900 (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXXVII, p. 695), et je donnais déjà à cette époque les réactions qui permettent d'expliquer, par la distillation des roches, l'origine de cet hydrogène et celle des phénomènes volcaniques qui s'y rattachent. Toutes les théories analogues (y compris celle de M. St. Meunier, sur l'eau de carrière) sont postérieures aux miennes de plusieurs années.

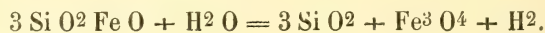
A plus forte raison n'ai-je pas été amené à ces considérations par l'examen de l'analyse des gaz du *Mont Pelé*, due à mon confrère et ami Moissan. Mais j'ai trouvé, dans la publication de cette analyse de gaz volcaniques, si conformes de composition avec ceux que j'avais obtenus en portant au rouge les roches granitiques, porphyriques, etc., l'occasion de rappeler et de compléter ma thèse, si tant est qu'on puisse donner ce nom à une série de considérations qui découlent logiquement et nécessairement d'un ensemble d'études expérimentales sur l'action que la chaleur exerce sur les roches anciennes, et particulièrement sur les granits, gneiss, porphyres, etc., roches avec ou sans inclusions gazeuses, et surtout sur celles qui sont riches à la fois en micas, zéolithes et silicates ferreux.

5. — Pour qu'une théorie des volcans soit acceptable, il ne suffit pas qu'elle puisse expliquer l'émission des laves et des gaz et vapeurs avec leur pression et leur masse formidables. Il faut aussi qu'elle montre d'où vient l'énorme quantité d'eau projetée par les volcans, qu'elle précise la nature des gaz émis, et qu'elle dise pourquoi, dans une même éruption et souvent dans des lieux très rapprochés, cette

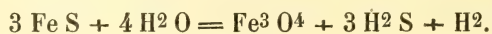
nature peut varier considérablement. C'est, je pense, ce que seules mes expériences peuvent clairement expliquer.

J'ai établi, en effet, que, contrairement à une hypothèse, gratuite d'ailleurs, mais très généralement admise, l'eau volcanique qui entre dans la constitution de toutes les roches cristallines profondes, ne vient pas de la surface du sol, que ce n'est pas une eau de transsudation ni de carrière, mais une *eau de constitution* des roches cristallines. Elle est combinée dans ces roches à la silice; elle y joue le rôle de base et elle est si fortement unie aux autres constituants qu'elle ne s'échappe, en général, qu'à une température de 300° à 400° ou plus. Cette eau existe dans les roches profondes, granitiques ou autres, en quantité souvent très grande (16 et 20 grammes par kilog.). Elle s'échappe de la roche dès que celle-ci est chauffée au rouge et même au-dessous, et il n'y a pas lieu, pour s'expliquer les énormes volumes d'eau rejetés par les volcans, d'invoquer la pénétration des eaux superficielles ou des eaux de mer jusqu'aux couches centrales incandescentes.

Dès que par l'ascension de la lave à travers les canaux souterrains où la font circuler la pression des gaz qui la saturent et le poids des couches terrestres superposées, dès que les laves peuvent parcourir les fissures et dislocations de ces terrains, elles échauffent les roches encaissantes. Aussitôt qu'elles arrivent à une température de 400 à 450°, ces roches sont comme *distillées*. Il en sort d'abord une énorme quantité d'eau. D'après mes expériences, cette quantité ne s'élève pas à moins de 27 à 30 millions de tonnes pour un seul kilomètre cube de granit. Ainsi mise en liberté, cette eau réagit alors sur les sels ferreux, manganéux, etc., qu'elle rencontre dans ces roches. En particulier, les silicates ferreux (hornblende, diallage, périclase, pyroxène, etc.), sont transformés, d'après mes recherches, en silicates et oxydes ferriques et ferroso-ferriques, tandis qu'il se dégage de l'hydrogène :

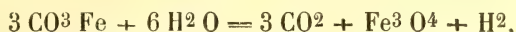


J'ai montré que les sulfures, préexistants toujours en faible quantité dans ces roches, sont décomposés avec dégagement de H^2 et $\text{H}^2 \text{ S}$:



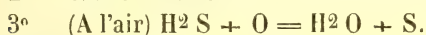
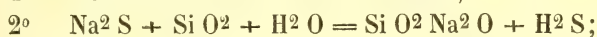
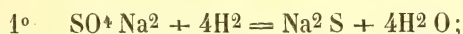
Les carbonates ferreux, que j'ai trouvés aussi à l'état de petites

inclusions cristallines (1) dans les granits et les porphyres eux-mêmes, sont aussi décomposés semblablement :

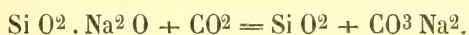


et cet hydrogène naissant, réduisant un peu du CO^2 , donne aussi de l'oxyde de carbone.

Il en est de même des sulfates alcalins, dont j'ai trouvé 1 à 1.5 pour 1 000 dans les granits, et que l'hydrogène qui se forme réduit, à chaud, à l'état de sulfures :

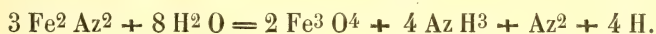


On voit que ces réactions expliquent à la fois la formation de l'hydrogène sulfuré et du soufre par tous les volcans, la production des sulfures de sodium des eaux sulfureuses sodiques (les granits ne contiennent à l'état de sulfate que du sulfate de soude à l'exclusion de celui de potasse, comme je l'ai montré); enfin, la formation des eaux minérales alcalines elles-mêmes :



L'explication si naturelle de tous ces faits, si difficile à déduire de toute autre théorie, explication uniquement fondée sur mes expériences, donne à son tour une nouvelle preuve de l'exactitude de ces vues.

Bien plus, les roches cristalliniennes renferment, comme je l'ai montré, des azotures (et probablement des argonures) de fer ou de manganèse, qui, décomposés par la vapeur d'eau mise en liberté lors du réchauffement de la roche, même au-dessous du rouge, grâce à la circulation des laves, donnent l'azote, l'argon et l'ammoniaque qu'on trouve aussi dans les gaz volcaniques :



Toutes ces réactions (sauf celle des argonures où je ne raisonne que par analogie avec les azotures) ont été établies par moi expérimentalement (2). *Toutes ces réactions se produisent lorsqu'on chauffe simplement*

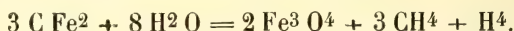
(1) Ils ont été formés et maintenus à l'état de carbonates sous l'énorme pression qu'ils supportaient au moment de la cristallisation de la roche.

(2) Encore ai-je trouvé l'argon dans le gaz dégagé de mes roches.

dans le vide le granit, le gneiss, le porphyre, les ophites, etc., au rouge à peine naissant. Elles dérivent toutes de la mise en liberté, par la chaleur, de l'eau de constitution de ces roches, et de l'action de cette eau sur les silicates, sulfures, carbures, azotures de fer en présence.

Ce qui se produit en petit au laboratoire quand on chauffe des fragments de ces roches, *ne peut pas ne pas se passer en grand* lorsque, étant en place, grâce aux éboulements des assises profondes, aux fractures, aux pressions énormes qu'elle supporte, l'ascension de la lave à travers les failles permet à celle-ci d'échauffer ces roches et d'en dégager l'eau de constitution.

En ce qui regarde le gaz méthane, que tantôt l'on trouve, tantôt l'on ne trouve pas dans les gaz volcaniques d'une même éruption et souvent de même régime, sa production est liée à l'existence fortuite et locale, dans les roches ainsi réchauffées par les laves, des carbures métalliques d'où ce gaz dérive, toujours grâce à la décomposition de ces carbures par l'eau mise en liberté à chaud :



6. — En somme, les roches primitives, si passives en apparence, les granits, les gneiss, les porphyres, etc., *sont des roches explosives* dès qu'on les porte au rouge naissant. Chauffées dans un canon de fusil bien vissé, elles le feront éclater avant le rouge.

Un kilomètre cube de granit, ainsi chauffé à 400-450°, donne, d'après mes expériences, la quantité formidable de *27 millions de tonnes d'eau*, et en plus, 7 milliards de mètres cubes de gaz, en partie combustibles, calculés à 15°, et plus de trois fois ce volume calculé à 1000°.

Ces nombres expliquent les pressions incroyables que ces dégagements gazeux dus au seul échauffement de ces roches et à la décomposition de leurs sels ferreux produisent au sein des couches terrestres que réchauffe la lave même au-dessous du rouge.

Lorsque je parle d'un kilomètre cube de granit, j'entends le volume d'un kilomètre cube, c'est-à-dire une couche d'une épaisseur aussi mince qu'on voudra, mais assez étendue pour faire ce volume, en somme assez faible vis-à-vis des masses fondues ou projetées par certains volcans.

7. — La lenteur des phénomènes de sédimentation marine ne s'oppose nullement à la brusque évolution des éruptions volcaniques. Le phénomène de sédimentation dont elles dérivent en partie est lent et continu, mais la brusquerie apparente des éruptions n'éclate qu'au

moment où les pressions produites arrivent à surmonter tous les obstacles.

8. — Il est évident que la masse d'acide carbonique émise continuellement par les roches profondes et par les fissures et cratères volcaniques est immense et dépasse tout ce qu'on pourrait d'abord imaginer. Ce dégagement d'acide carbonique, en raison de cette immensité même, ne me paraît pas pouvoir provenir seulement de la décomposition par l'eau des carbonates alcalins et terreux ou des carbures contenus dans les roches déjà solidifiées. Il provient certainement, pour une grande partie, du noyau central, où il a été produit et inclus avant la cristallisation des roches elles-mêmes. Dans ce noyau il était maintenu en sursaturation grâce à la pression exercée sur elle-même par l'énorme masse au sein de laquelle ce gaz carbonique se formait. Il doit en être ainsi de plusieurs autres gaz, et de l'hydrogène lui-même issu de l'action de la vapeur d'eau incandescente sur les matières métalliques ferrugineuses du noyau terrestre. Ces divers gaz dissous à très haute pression dans les matériaux fondus du noyau terrestre y sont donc comprimés et en sursaturation; ils tendent à s'en dégager et à presser sur les parties fondues pour les faire remonter et circuler à travers les fissures et failles des roches superposées. De là comme conséquence, et à mesure des variations d'épaisseur et de la production de failles nouvelles dans l'écorce terrestre, la circulation des laves et l'échauffement consécutif des roches disloquées qu'elles parcourent. La mise en liberté de l'eau de constitution de ces roches est la suite nécessaire et immédiate de cet échauffement. La décomposition partielle de cette eau par les matériaux ferrugineux de la roche et la formation de gaz hydrogène, hydrogènes sulfurés et carburés, azote, argon, ammoniaque, acide carbonique, chlorhydrique, etc., qui résultent de ce réchauffement, produit des pressions toujours croissantes et finalement fait remonter les laves jusqu'à l'ouverture des cratères d'où ces gaz, mélangés à l'eau excédente, s'échappent sous une énorme pression.

9. Je me résume. Des masses de matériaux fondus existent encore sous le sol et sous les roches solidifiées qui nous portent. Elles tendent, d'une part, à les réchauffer, de l'autre à remonter par toutes les failles ou cassures des terrains solidifiés.

L'existence du fluide carbonique et d'autres gaz, tels que l'hydrogène maintenu sous très haute pression et sursaturation dans le noyau central et le poids des terrains superposés sont les causes de cette ascension

des matériaux fondus à travers les fissures des couches terrestres.

Elle a pour effet de réchauffer localement les roches encaissantes, et d'en chasser, même avant le rouge, leur eau de constitution.

En agissant sur les sels ferreux présents dans toutes ces roches, cette eau les transforme en sels ferriques et oxyde magnétique, et forme du gaz hydrogène. Avec les silicates, les carbonates, les sulfates, sulfures, azotures, argonures de la roche, l'eau, vers 450°, donne de la silice, des acides carbonique, chlorhydrique, des sulfures, de l'hydrogène sulfuré, du soufre, des carbonates alcalins, de l'azote, de l'ammoniaque, de l'argon... c'est-à-dire tous les gaz et produits volcaniques.

Ces gaz, en pressant sur les laves, tendent à les faire jaillir par les cratères volcaniques.

La variation de nature des roches encaissantes est la cause des variations locales des gaz et émissions volcaniques qui proviennent *en partie de ces roches.*

Comme suite à ces lectures, la parole est donnée à M. le professeur W. Prinz, qui répond sommairement à quelques-unes des objections présentées dans les lettres qui précèdent et démontre sa manière de voir sur une grande coupe schématique de l'écorce terrestre, à l'échelle du millionième. Sa note paraîtra ultérieurement aux *Mémoires*.

Il pense que les divergences de vues entre nos savants correspondants et M. Stübel s'atténueront beaucoup lorsqu'ils liront le mémoire de ce dernier sur la genèse des volcans, dont M. Prinz achève la traduction et qui est destiné aux nouveaux mémoires de la Société. A cette occasion, M. Prinz donne quelques renseignements préliminaires au sujet de cette œuvre et expose l'état d'avancement de son travail. La grande planche en couleurs qui y est jointe est présentée, ainsi que les reproductions photographiques, qui seront réunies en un atlas.

M. le Secrétaire général se fait l'interprète de l'assemblée pour féliciter vivement M. Prinz sur la manière claire et limpide dont il expose ses idées et vote des remerciements à M. Stübel pour sa précieuse intervention dans les frais d'*illustration* du travail de traduction destiné au *Bulletin*.

La première partie du mémoire, comprenant l'exposé principal de l'étude de M. Stübel, sera prochainement livrée à l'impression, sous réserve de l'examen des possibilités financières de cette coûteuse impression.

La séance est levée à 10 h. 50.

SÉANCE MENSUELLE DU 17 NOVEMBRE 1903.

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 35.

En ouvrant la séance, M. le *Président* signale à l'assemblée la présence de notre collègue M. l'ingénieur *Kersten*, rentré d'un long voyage en Chine, et il exprime l'espoir que celui-ci aura d'heureux résultats pour l'industrie et la science; il adresse ses félicitations à l'intéressé. (*Applaudissements.*)

Correspondance.

L'*Association de la Presse technique* a fait parvenir des exemplaires spécimens de son *Index*, en demandant de recevoir le *Bulletin* de la Société, à l'effet d'en résumer les travaux.

Il est décidé d'échanger les procès-verbaux des séances contre cette publication.

M. *Cornet* fait connaître qu'il pourrait, le cas échéant, se charger de faire la biographie de feu M. *A. Renard*; il demande et estime, toutefois, que ce travail devrait plutôt être confié à un pétrographe.

M. *Rutot* pense, à ce sujet, que M. *Cornet* s'exagère ce que la Société lui demande; il est certain qu'il serait hautement désirable que la note nécrologique retraçât la vie de M. *Renard* et en analysât les travaux; si, à défaut de compétence spéciale ou de manque de temps, on ne peut obtenir ce résultat, tout au moins peut-on espérer voir publier bientôt la biographie de celui qui fut l'un des fondateurs et présidents de la Société.

M. *R. Oldenbourg*, libraire à Munich, fait savoir qu'il peut disposer, en faveur de la Société, à la condition d'en publier un compte rendu dans

le *Bulletin*, d'un exemplaire de l'ouvrage paléontologique de M. Zittel, *Grundzug der Paleontologie*, publié en deux parties : les *Invertébrés* et les *Vertébrés*. Le volume consacré aux *Invertébrés* vient de paraître.

M. Kemna se chargera volontiers de faire l'analyse demandée.

M. le *Secrétaire général* fait connaître que, par suite d'une absence devant se prolonger jusqu'à fin janvier, il ne pourra s'occuper en temps de la préparation de la séance générale annuelle de décembre, et il demande, en conséquence, que celle-ci soit remise au 17 février 1904, jour anniversaire de la fondation de la Société. (*Admis.*)

Il signale ensuite l'article, très intéressant, sur le *Volcanisme*, que vient de publier M. de Lapparent dans les *Annales de la Société de Géographie de Paris*.

M. Van den Broeck annonce enfin qu'il a reçu, de M. le baron van Ertborn, deux intéressants comptes rendus de travaux publiés par ses confrères, M. Imbeaux, sur les eaux de Paris et la banlieue, et M. Dubois, sur l'hydrologie des provinces maritimes des Pays-Bas. Ces analyses seront insérées en annexe à la séance.

Dons et envois reçus :

De la part des auteurs :

- 4242. Imbeaux, Éd. *Les eaux de Paris, Versailles et la banlieue*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 137 pages.
- 4243. Meunier, St. *Sur les rapports mutuels de la géologie et de la géographie physique*. Bourg, 1903. Extrait in-8° de 14 pages.
- 4244. Meunier, St. *Sur quelques formes remarquables prises par des silex sous l'effet de l'éclatement spontané par la gelée*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 15 pages et 11 figures.
- 4245. Laville, A. *Réponse à M. Rutot sur son étude géologique et anthropologique du gisement de Cergy*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 8 pages.
- 4246. Laville, A. *Hache polie en silex se rapprochant de certains silex de Pressigny de la base des limons jaunes f de la vallée de la Seine*. Paris, 1902. Extrait in-8° de 1 page.
- *Coquilles tertiaires éocènes roulées dans le gravier pleistocène de Cergy (Seine-et-Oise)*. Paris, 1902. Extrait in-8° de 5 pages.
- 4247. de Lapparent, A. *Note sur les calcaires à « Productus » du Salt-Range*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 6 pages.

4248. **Dollo, L.** « *Eochelone Brabantica* », tortue marine nouvelle du Bruxel-
lien (Éocène moyen) de la Belgique et l'évolution des Chéloniens
marins. Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 62 pages.
4249. **Dollfus, G.-F.** *Nouvelle carte géologique du bassin de Paris au*
1 000 000^e. Paris, 1903. Extrait in-8° de 18 pages.
4250. **Dall, W. H.** *Geological results of the study of the tertiary fauna of*
Florida, 1886-1903. Philadelphie, 1903. Extrait in-4° de
80 pages.
4251. **Barré, O.** *L'architecture du sol de la France. — Essai de géographie*
tectonique. Paris, 1903. Volume grand in-8° de 393 pages et
189 figures dont 31 planches hors texte. — Don de l'éditeur
A. Colin.
4252. **Harmer, F. W.** *A Sketch of the later tertiary history of East Anglia.*
Londres, 1902. Extrait in-8° de 64 pages et 17 figures.
4253. **Reade, T. M.** *The Evolution of Earth structure with a Theory of geo-*
morphic changes. Londres, 1903. Volume in-8° de 342 pages et
40 planches.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'assemblée :

MM. FOURNIER, EUGÈNE, professeur à la Faculté des sciences de l'Uni-
versité de Besançon ;

GUEQUIER, J., docteur en sciences naturelles, préparateur au
laboratoire des sciences naturelles de l'Université de Gand,
15, rue de la Sauge, à Gand ;

LEGRAND, CHARLES, ingénieur-conseil, 47, rue des Palais, à
Bruxelles.

Communications.

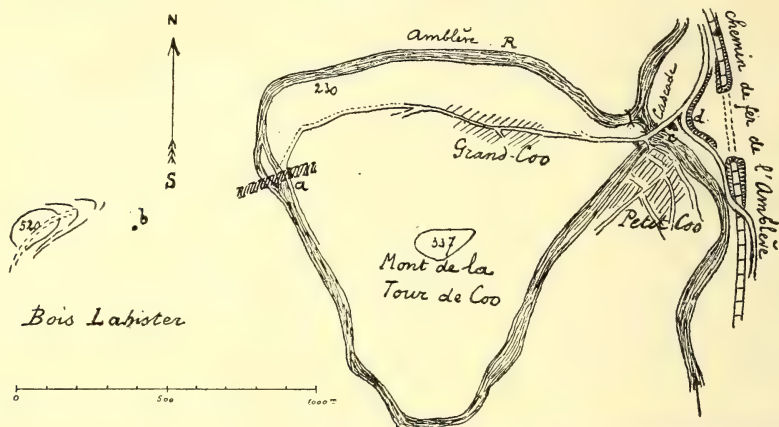
M. le capitaine *Mathieu* fait la communication suivante :

E. MATHIEU. — Note complémentaire sur la roche cristalline de Grand-Coo.

Dans la séance dernière, nous émettions, au sujet de la roche cristal-
line, l'hypothèse que cette roche, découverte en affleurement à l'extré-
mité Ouest du Mont de la Tour de Coo, devait exister en prolongement

sur la rive gauche de l'Amblève (vers l'Ouest) et à la cascade de Coo (vers l'Est).

Nous nous sommes rendu de nouveau, le 16 novembre (1), à Coo, afin d'explorer la région dans ce but. Nous avons étudié plus en détail l'affleurement signalé à l'extrémité du chemin de Grand-Coo au bois de Lahister. (Voir fig. 1 en *a*.) Nous avons reconnu de nouveaux détails qui nous avaient échappé la première fois.



La roche est constituée par une pâte de fond gris verdâtre, à aspect feldspathique, à cassure esquilleuse et cireuse, dans laquelle on distingue des cristaux blanc jaunâtre, à éclat terni, et qui sont sans doute des feldspaths altérés. Elle constitue un banc de 2^m,50 d'épaisseur et est intercalée dans les phyllades reviniens. Les couches ont, en cet endroit, une direction E. 17° N.-E. et un pendage vertical, le redressement des couches venant du Nord. A la partie Sud du banc, la roche devient plus fine et sa cassure est moins cireuse. Les phyllades encaissants du bord Sud sont intacts, mais ceux du bord Nord sont chargés de silice et semblent avoir subi une action métamorphique. La roche verte a un aspect stratoïde, les éléments semblant alignés parallèlement aux couches phylladeuses; elle est fissurée suivant des plans parallèles aux phyllades et suivant des plans horizontaux; ces dernières fissures sont parfois remplies par des filonnets de quartz.

Nous avons passé plusieurs heures sur le versant du bois Lahister (rive gauche sur l'Amblève), et nous avons fini par découvrir en *b*, dans un éboulis rocheux, à plus de 150 mètres au-dessus du niveau de la

(1) M. Malaise a bien voulu nous accompagner dans cette excursion et nous aider de ses conseils. Nous tenons à l'en remercier.

vallée, au milieu de blocs de quartzites et de phyllades reviniens, quatre plaquettes de roche feldspathique altérée qu'il faut attribuer à la roche de Grand-Coo.

L'endroit où ces plaquettes ont été trouvées est exactement dans le prolongement de l'alignement de l'affleurement de la vallée et du gué de l'Amblève, alignement qui est de E. 17° N.-E. Il est hautement probable, pour ne pas dire certain, vu l'altitude où ces plaquettes se trouvaient, que le prolongement de la roche feldspathique de Grand-Coo existe dans le bois de Lahister; pour la trouver en place, il faudrait effectuer des travaux de tranchée, car le sous-sol rocheux est masqué en cet endroit par l'éboulis des pentes.

Notre première hypothèse était vérifiée. Restait à explorer les environs de la cascade. C'est ce que nous fîmes sans tarder. Nous examinâmes d'abord avec soin les talus de la tranchée *d*, où passe la route de l'Amblève, derrière l'hôtel de Belle-Vue (rive droite de l'Amblève); nous n'y découvrîmes que des alternances de quartzites et phyllades reviniens. Ayant pénétré dans la cour de l'hôtel de Belle-Vue, en *c*, nous essayâmes d'aller examiner les roches qui plongent à pic dans l'Amblève, un peu en amont de la cascade. Dans un mur, qui soutient la terrasse de l'hôtel parallèlement à la rive, nous remarquâmes des moellons particuliers peu nombreux, que nous attaquâmes au burin et au marteau et qui nous donnèrent des fragments verdâtres se rapprochant nettement de la roche de Grand-Coo, mais un peu plus stratoïdes. Nous apprîmes du propriétaire de l'hôtel que ce mur avait été construit en 1902 au moyen de débris de la roche sur laquelle l'hôtel était bâti. On devait donc retrouver la roche en place dans les environs; cependant les quelques bancs qui affleuraient dans la cour ne donnèrent que des phyllades et des quartzites. Les roches plus au Nord étaient masquées par la maison et par le chemin qui se détache de la route de l'Amblève pour passer au-dessus des deux cascades, sur deux ponts parallèles à la direction des strates rocheuses (E. 50° N.-E.). Nous eûmes beau inspecter les roches affleurant en amont et en aval du viaduc, nous ne découvrîmes pas la roche verte en place. Il nous fut impossible de vérifier si elle existe dans les roches qui affleurent dans les parements des pieds-droits des cascades.

La date de construction du mur montre à l'évidence que les moellons du mur n'ont pu être rapportés du gisement *a* (situé à plus de 1 500 mètres de là), puisque ce gisement n'était pas connu alors. En outre, les tranchées de la route de l'Amblève, derrière l'hôtel, n'ayant montré aucune trace de la roche verte, il ne reste plus qu'à supposer

que cette roche verte existait parallèlement à la route et sous celle-ci et que, grâce au pendage des strates à cet endroit (plongeant à 15° vers le Sud), elle aura été coupée par le bord de l'excavation qu'on a dû effectuer pour faire les caves de l'hôtel; elle aura été très peu entamée, et c'est ce qui explique le nombre restreint de moellons de l'espèce existant dans le mur.

Nous pouvons donc, croyons-nous, affirmer que la roche verte de Grand-Coo forme une bande passant par le sommet du mamelon 520 du bois Lahister, par le gué de l'Amblève, en face duquel elle affleure, puis par la cascade de Coo, traversant ainsi à peu près de l'Ouest à l'Est la presqu'île du Mont de la Tour de Coo.

Quant au tracé de la bande, il doit être un peu tourmenté, puisque la direction des couches en *a* passe au Nord de la cascade et que, en ce dernier endroit, les couches remontent vers le Nord-Est.

Nous comptons prochainement déposer un mémoire définitif sur l'étude chimique et microscopique de cette roche, et la classer définitivement.

M. Harzé présente dans les termes suivants sa deuxième communication sur le bassin houiller de la Campine.

E. HARZÉ. — Considérations géométriques sur le Houiller du Nord de la Belgique.

Si j'ai pu, à la précédente séance, donner communication intégrale de la première partie de mon travail, le développement qu'ont reçu la deuxième et la troisième partie m'oblige à ne produire aujourd'hui qu'une analyse de ces dernières.

Mais, auparavant, je dois présenter un erratum au compte rendu de ma première communication.

J'ai tracé sur le tableau noir la coupe du Primaire de Bruxelles à Santhoven, en faisant remarquer que la pente était de 8 degrés de Bruxelles à Malines, de 18 de Malines à Kessel et de 12°5 de Kessel à Santhoven. Je me suis ainsi aventuré en dehors des éléments de mon manuscrit.

J'avais, au dernier moment, mesuré ces pentes sur une coupe où, pour pouvoir renseigner toutes les données des sondages, l'échelle des profondeurs était beaucoup plus grande que l'échelle des distances réciproques, ce qui amplifiait énormément les inclinaisons.

En fait, la pente moyenne du Primaire n'est guère que de 1 degré, avec des variations d'une fraction de degré.

J'ai pu, dans l'envoi de mes tirés à part, faire disparaître l'erreur due à mon inadvertance.

Ceci dit, je reprends le cours de ma communication en rappelant que M. l'ingénieur Mercier avait été amené, j'ai dit comment, à foncer trois sondages au voisinage de la ligne énigmatique prolongée de Bruxelles-Malines, l'un à Kessel lez-Lierre, un autre à Santhoven et le troisième à Vlimmeren.

J'ai donné les résultats des deux premiers.

A Kessel, la recherche rencontra le calcaire viséen à la cote — 565, et un intérêt scientifique la fit poursuivre sur environ 140 mètres. Après la traversée de nombreuses assises primaires, savamment déterminées par M. Forir, il fut arrêté tout à proximité du Siluro-Cambrien, sinon à la tête même de cette formation.

Le deuxième atteignit le Houiller à la cote de — 700. Poursuivi, il pénétra dans ce terrain de 137 mètres, en donnant lieu à la rencontre de deux couches de charbon, qui présentaient ensemble une puissance utile de 1^m,90.

Bien que la teneur du charbon en matières volatiles fût assez forte, près de 20 %, j'estimai que ces couches appartenaient au groupe inférieur.

Le troisième sondage fut entrepris à Vlimmeren, à 12 kilomètres à l'Ouest de Turnhout, et commencé en février dernier.

Tous les trois, par leur situation, constituaient les sondages avant-coureurs et éclaireurs de toute la reconnaissance du bassin houiller vers le Nord de la ville d'Anvers et l'angle Nord-Est de la Flandre orientale.

J'ai dit, à la dernière séance, que le sondage de Vlimmeren, dont l'avancement avait été interrompu par un accident d'outil, venait d'être repris. J'annonçai aussi que le Houiller serait probablement rencontré entre les cotes de — 850 et 900.

En fait, la rencontre eut lieu à la cote de — 876.

La pénétration dans le Houiller fut de 132 mètres; ce qui amena la traversée de quatre veinettes de 8 à 20 centimètres. La teneur en matières volatiles du charbon fut respectivement de 14.25, 14.00, 15.52 et 12.75 %.

Il nous sembla, à M. Mercier et à moi, que l'on se trouvait dans des assises encore plus inférieures qu'à Santhoven.

Cependant, nos très distingués confrères, MM. P. Fourmarier et

A. Renier, qui préparaient une étude paléontologique sur toutes les assises explorées du bassin de la Campine, après les avoir groupées en cinq zones, numérotées de haut en bas, classèrent les bancs traversés à Santhoven dans la zone inférieure et ceux de Vlimmeren dans la quatrième zone, tout comme les assises du sondage de Beeringen.

Le premier classement confirmait notre manière de voir à l'égard de Santhoven; mais il nous est difficile de considérer les assises de Vlimmeren comme supérieures à celles de Santhoven. Nous ne pouvons non plus les identifier aux bancs traversés à Beeringen.

A Beeringen, nous constatons deux grandes stampes absolument dénuées de toute présence de charbon, séparées par des couches et veinettes d'un charbon à haute teneur en matières volatiles (21 à 25 %), et à Santhoven, deux couches d'un charbon à teneur moyenne de 20 % en ces mêmes matières.

A Vlimmeren, si le gisement est pauvre, il n'y a eu de reconnu aucune grande stampe absolument stérile, c'est-à-dire sans charbon.

Enfin, nos savants jeunes confrères ont hésité quelque peu dans le classement des assises de Santhoven, certains fossiles pouvant les faire remonter à la troisième classe.

Pour nous, M. Mercier et moi, le sondage de Vlimmeren nous apparaissait comme devant se trouver à la crête séparative de deux dépressions en forme de bassin, et c'est ainsi qu'il aurait pénétré dans les assises inférieures à celles de Santhoven, qu'il pourrait y avoir lieu de relever.

Dans le bassin westphalien, on constate de semblables dépressions.

Ainsi, sur la rive gauche du Rhin, on compte deux vallées houillères sur une largeur de près de 6 $\frac{1}{2}$ kilomètres. Or 18 kilomètres séparent Vlimmeren du calcaire de Kessel, et près de la Meuse, le sondage n° 20, de Lanklaer, est distant de 13 kilomètres de celui de Lanaeken.

Il y a donc place en Campine pour des ondulations analogues, et je crois voir des indices de leur existence dans les variations de pente que présentent les strates d'un même sondage.

Je pourrais entrer à ce sujet dans d'assez nombreuses considérations géométriques. On les trouvera dans mon travail. Il serait trop aride de les aborder dans cette communication.

Faisons remarquer que, vers Lierre et Anvers, les ondulations que nous concevons pourraient venir se profiler en forme de golfes et de promontoires sous les morts-terrains, ainsi que je le représente par un schéma dans mon mémoire.

A la précédente séance, j'ai dit que la *Société des charbonnages du Nord de la Belgique*, constituée ainsi qu'il a été rapporté, fut aussi la

première à entreprendre, après le succès du sondage d'Asch, des recherches actives et fructueuses à distance notable de celui-ci, vers la Meuse, où on appréhendait de grands accidents géologiques. Je profiterai de l'occasion pour rectifier quelques chiffres que j'ai donnés sur ces deux sondages, qui furent établis un peu à l'Ouest du canal de Maestricht, l'un sur la commune de Lanklaer, l'autre sur celle d'Eysden. Ces sondages, placés sensiblement sur un même méridien, et dont par conséquent les résultats s'additionnent, ont traversé 831 mètres de stampes houillères, en faisant reconnaître vingt-quatre couches de 0^m,40 à 1^m,75 de puissance verticale en charbon. Ces couches représentent ensemble une hauteur globale de 16^m,65 de houille, indépendamment de dix-huit veinettes en dessous de 0^m,40, d'une hauteur également globale de 4^m,20. Ces chiffres, la plupart rectificatifs, ne diffèrent guère de ceux que j'ai donnés.

Le premier, celui de Lanklaer, reconnut un faisceau de couches et veinettes dont le charbon présentait en matières volatiles une teneur de 41 à 50 %.

Le second traversa une série de couches dont la teneur du charbon n'était plus que de 26 à 49 %, à part celle afférente à deux veines, en quelque sorte isolées entre d'autres, à teneurs plus élevées; puis, après une stampe stérile de 166 mètres, ce même sondage pénétra dans la tête d'un second faisceau, où la teneur du charbon se trouvait abaissée à 15 %.

Il est incontestable que les couches du sondage d'Eysden passent sous celles de la recherche de Lanklaer. Et en tenant compte des inclinaisons des strates de part en d'autre (15 degrés et 18 1/2 degrés), il est permis de préjuger une richesse considérable entre le faisceau du sondage de Lanklaer et le faisceau supérieur de celui d'Eysden.

Cette prévision est d'autant plus rationnelle qu'il y a lieu d'admettre l'existence d'un groupe de couches dont le charbon serait d'une teneur de 50 à 26 %.

Or, chose curieuse, ce groupe ne paraît avoir été traversé dans aucun des nombreux sondages exécutés dans la Campine.

D'autre part encore, MM. Fourmarier et Renier, après avoir déterminé leurs cinq zones paléontologiques, rapportent les résultats du sondage de Lanklaer à la base de la zone supérieure, et il leur paraît vraisemblable de considérer les couches de celui d'Eysden comme ressortissant de la troisième zone.

Dans de telles conditions, tout un système de couches séparerait les deux zones en question, pour constituer la deuxième zone.

Notons enfin qu'il faut ajouter aux évaluations précédentes, pour estimer intégralement la richesse du bassin, toutes les couches à très hautes teneurs, c'est-à-dire celles au-dessus de la base de la première zone et aussi toutes celles des deux zones inférieures (à part celles de tête, déjà comptées, de la quatrième zone).

Cette richesse dans la région envisagée apparaît donc plus grande qu'il n'a été dit dans des publications antérieures. On verra que, malheureusement, il n'en est pas de même dans la province d'Anvers.

Nous avons essayé de coordonner les résultats des divers sondages exécutés dans la Campine.

Mais, comme l'a fait observer M. Renier dans un excellent mémoire sur les nouveaux procédés de sondage, on se butte à l'imprécision des résultats qu'ils donnent.

En voici un exemple :

Si nous considérons les deux sondages les plus rapprochés l'un de l'autre, le sondage n° 2 de la Société Dumont et le sondage n° 7 de la Société Cockerill, tous les deux à Asch et distants l'un de l'autre à peine de 500 à 400 mètres, on constate que si tous les deux ont atteint le Houiller à une même profondeur, le premier, en pénétrant dans cette formation, a rencontré quatre couches et une veinette, tandis que le second, pour une même pénétration, n'a traversé que quatre veinettes et une couche.

Les grandes stampes stériles constituant généralement, dans nos divers bassins, des horizons pour le synchronisme des différents groupes de couches, j'ai cherché à user de cette ressource.

Aussi les ai-je représentées en coupe sur divers alignements de sondages et a-t-il été fait de même pour les couches et les veinettes qui les accompagnent.

La planche II de mon mémoire donne les résultats de ces rapprochements.

Remarquons que pour les distances séparatives des sondages, l'échelle choisie est le $\frac{1}{80\,000}$, tandis que celle pour les profondeurs est le $\frac{1}{10\,000}$, cette dernière dix fois plus grande que la première. Cette différence, que réclamait une représentation graphique suffisamment claire dans un cadre commode, a l'inconvénient grave d'accentuer outre mesure les inclinaisons des strates et, partant, les mouvements de terrain. C'est ainsi que des pentes de 2, 5 et 10 degrés deviennent

des inclinaisons respectives de 20, 46 et 65 degrés, ce qui défigure singulièrement les allures du gisement.

Aussi me suis-je parfois borné à indiquer l'identification des grandes stampes stériles par de simples lettres.

Le plus souvent, le synchronisme n'est pas aisé à établir.

A Beeringen, on ne compte pas moins de deux grandes stampes stériles approchant ou dépassant une puissance verticale de 100 mètres. A Gheel, on en compte trois.

Je ne puis ici analyser toutes les particularités qu'offrent les coupes représentées à la planche II de mon travail. Celles-ci dénotent, à l'Ouest de Beeringen, toute une grande région où les stampes stériles, séparées par une ou plusieurs couches ou veinettes, se succèdent immédiatement sous les morts-terrains.

De même que M. Kersten, MM. Habets frères et M. Forir, j'ai tenté de raccorder les sondages où les charbons rencontrés présentaient les mêmes teneurs en matières volatiles.

Il est à remarquer que si, d'une manière générale, la teneur diminue avec la profondeur des divers groupes de couches, il n'en est pas toujours de même d'une couche à la suivante dans un même groupe.

L'inverse se produisant parfois, j'ai pris d'ordinaire, pour établir le classement des sondages suivant la nature des charbons rencontrés, la moyenne des teneurs afférentes aux trois ou quatre couches ou veinettes supérieures et suffisamment rapprochées pour pouvoir être considérées comme appartenant à un même faisceau gisant *immédiatement* sous les morts-terrains.

Aucun détail ne fut donné sur la méthode suivie par M. Kersten.

En ce qui concerne leurs tracés, MM. Habets frères ont fait intervenir préalablement certains éléments, tels que la proportion moyenne du charbon dans les diverses zones houillères, l'épaisseur et l'écartement des couches et la présence des zones pauvres. Mais il me semble que l'imprécision des résultats des sondages a dû rendre cette multiple intervention bien difficile et bien indécise.

Notons en passant que les tracés basés sur le principe dont il s'agit ne peuvent être la représentation exacte de l'allure horizontale des groupes de couches, ainsi que cela existe dans les cartes minières. Les tracés indiquent d'une manière plus ou moins satisfaisante l'allure de ces groupes suivant la surface inclinée du Primaire dénudé. Enfin, faut-il qu'à tous les sondages à raccorder, on n'envisage que les

premières couches et pour autant encore que celles-ci se présentent immédiatement sous les morts-terrains.

Tout comme M. Kersten, j'étais arrivé, dans un premier essai de raccordement, à une configuration bizarre. Celle-ci n'a pu prendre une forme admissible que par l'hypothèse, empruntée au travail du même ingénieur, d'un système de deux failles obliques Sud-Ouest-Nord-Est et de plusieurs autres approchant de la méridienne, chacun de ces accidents géologiques déterminant un ressaut de la partie Ouest de la formation par rapport à la partie Est.

Notre ensemble de failles diffère cependant de celui auquel était arrivé M. Kersten; il en est de même, et beaucoup plus sensiblement, du tracé des divers groupes de couches.

Outre les failles dont il vient d'être parlé, j'en envisage d'autres, qui sont entrées dans les hypothèses de plusieurs ingénieurs et géologues, parmi lesquels MM. Habets, Forir, Stainier, Max Lohest, Dumont et Simoens.

De plus, comme variante de la grande faille de Kessel, je ferai remarquer qu'au lieu d'être dirigée du Sud-Ouest au Nord-Est, elle pourrait être orientée du Sud-Est au Nord-Ouest, plus ou moins parallèlement aux failles indiquées, près de la Meuse, par MM. Habets et Forir, de manière à former une faille limite. Évidemment cette variante s'éloigne de mes idées premières.

Abordant la troisième partie de mon travail, j'y expose le peu de chances que l'on aurait de découvrir une richesse réellement industrielle au Nord de la ville d'Anvers et dans l'angle Nord-Est de la Flandre orientale, pour autant d'ailleurs que le Houiller se poursuive dans cette région.

D'autre part, on se trouverait en plein dans les *Polders*, et ces terres basses ne tarderaient pas à être submergées par l'effet des affaissements que déterminerait l'exploitation.

Enfin, je rappelle qu'après la découverte d'Asch, le *grand bassin houiller du Nord de la Belgique*, que certains étendaient jusqu'au littoral, apparaissait comme une riche conquête en perspective.

Riche, elle le demeure dans le Limbourg; mais il n'en est pas de même dans la province d'Anvers. Dans cette dernière, la fréquence et l'importance des stampes stériles gisant immédiatement sous les morts-terrains ont été pour les explorateurs une grande déception.

Contrairement à une prévision que j'ai partagée, l'érosion du Pri-

maire dans la province d'Anvers a été plus profonde que paraissaient l'indiquer les courbes de niveau à l'approche du littoral.

Ce n'est pas, cependant, les sondages étant éloignés les uns des autres, que l'on ne puisse rencontrer entre ceux-ci quelques dépressions d'une richesse relative.

En terminant mon travail, je justifie l'exécution par l'État de trois sondages, l'un à Brasschaet, le deuxième au Nord de l'embranchement, vers Turnhout, du canal de l'Escaut à la Meuse, aux abords du domaine de Merxplas-Wortel, et le troisième dans une dépendance du camp de Beverloo.

Notre *étatisme* pourrait peut-être étonner, alors que le camarade Paul Habets a exprimé de quasi-reproches au Gouvernement pour n'avoir pas repris l'approfondissement du sondage de reconnaissance qu'il faisait exécuter, en terrain concédé, à Loncin, à frais communs avec plusieurs exploitants de la région. Ces quasi-reproches atteignant, non intentionnellement, je le sais, l'ancien chef de l'Administration des mines, j'ai cru devoir remettre amicalement les choses au point.

Revenant à mes trois sondages, les deux premiers offriraient à l'État les éléments nécessaires pour déterminer une zone à réserver, en place de l'une de celles proposées par M. le sénateur Hanrez, l'importance de cette dernière se trouvant aujourd'hui sensiblement amoindrie du fait des reconnaissances entreprises dans la province d'Anvers.

Cette nouvelle zone pourrait être toute la région située au Nord de l'embranchement du canal précité.

Mais la réserve la plus urgente comme pouvant être mise à fruit dans un avenir moins éloigné, reste celle du camp de Beverloo, où je voudrais voir placer le troisième sondage. Bien entendu, ainsi qu'il a été dit dans l'exposé de mon projet, la concession domaniale en vue ne se limiterait pas strictement aux terrains militaires; mais sa configuration, tout en englobant ceux-ci, s'étendrait en dehors, de manière à prendre la forme la mieux en rapport avec un aménagement minier rationnel.

D'après les explorations les plus proches, il semble que le domaine de Beverloo recèle une richesse minière des plus considérables. Aussi le voyons-nous enserré de plus en plus par les territoires demandés en concession, au point même que si cet enserrement devait être purement homologué par le pouvoir compétent, il compromettrait la configuration désirable.

Il appartiendra au Gouvernement, s'il entend se créer un domaine

minier, à l'exemple d'autres pays, à l'exemple aussi des grands propriétaires de la Campine, de prendre des dispositions à cet égard.

Ces derniers, on le sait, ne se bornent pas à demander la concession des mines gisant exclusivement sous leurs domaines terriens.

Je suis arrivé au terme de cette nouvelle étude ou plutôt de son analyse. Des faits nouveaux viendront raffermir ou détruire certaines de mes hypothèses, et de même en ce qui concerne mes prévisions.

Je n'en ai pas moins cru faire chose utile en la faisant connaître, les questions dont elle s'occupe étant de celles qui intéressent non seulement la science géologique, mais aussi le pays et nos législateurs. (*Applaudissements.*)

La parole est donnée ensuite à M. X. Stainier pour sa communication sur une

Rencontre de troncs d'arbres-debout au charbonnage d'Oignies-Aiseau.

Comme suite à une première découverte de troncs d'arbres-debout, à Falizolle, dans les terrains houillers de la Basse-Sambre, M. X. Stainier relate une nouvelle observation du même genre, faite par lui, dans les mêmes parages, au charbonnage d'Oignies-Aiseau. C'est dans un bouveau Nord, de 520 mètres, du puits Saint-Henry, que le toit d'une des couches de la série, bien connue dans la région, a fourni des troncs d'arbres, dont l'un, spécialement étudié par l'auteur, était long d'environ 6 mètres. Perpendiculaire aux strates verticales du terrain et de la couche de houille, le tronc se présentait horizontalement tout le long du bouveau, ce qui en rendait l'étude aisée. La couche Grand Saint-Martin, au toit de laquelle s'observait ce tronc, se trouve à 45 mètres au-dessus de la couche Ahurie (ou Lambiotte), au toit de laquelle se voyaient les arbres précédemment observés à Falizolle.

Par suite d'un faillage ayant coupé le terrain à la naissance de l'arbre, la question des relations avec le substratum n'a pu être étudiée. M. Stainier donne ensuite quelques explications sur un curieux phénomène d'étranglement et de ploiement à 55° qui s'observait à l'autre extrémité visible du tronc. Il y a coïncidence entre ce dispositif et une modification sédimentaire de dépôt entourant l'arbre; ce qui, avec d'autres raisons, conduit M. Stainier à penser qu'au moment où s'est effectué le changement de sédiment et de nature, ou d'origine du

courant, l'extrémité libre de l'arbre, restée plus ou moins en saillie, aura été écrasée et repliée par la force du courant.

L'existence, à Oignies-Aiseau, de même qu'à Falizolle, d'une veinette schisteuse, qui partout ailleurs paraît manquer dans le bassin de Charleroi, fait admettre à M. Stainier qu'il pouvait y avoir une certaine corrélation entre le phénomène des troncs debout et la production de telles veinettes, si curieusement localisées. De nombreux grands fragments de Calamites entouraient le tronc en tous sens, mais sans qu'aucune connexion pût être observée. Malgré ses grandes dimensions, le fragment de tronc ne présentait aucune trace d'amincissement à son extrémité. Il n'a pu être déterminé, même génériquement, vu son mauvais état de conservation.

M. Stainier développe ensuite diverses raisons qui lui font croire que le tronc était charrié et non *in situ*.

Un deuxième tronc était visible à proximité, de l'autre côté de la faille, et permettait, cette fois, l'étude des relations avec le substratum.

M. Stainier n'y a constaté aucune apparence d'implantation naturelle d'un végétal dans son sol nourricier.

D'autres troncs ont été observés à Oignies-Aiseau, dans les mêmes niveaux, peu après le passage de M. Stainier. On aurait notamment observé un tronc reposant, directement cette fois, sur la veine de charbon et qui, d'après le directeur des travaux, pourrait bien être la continuation du tronc vu par M. Stainier.

A l'occasion de ces constatations, M. Stainier rappelle une ancienne observation faite par lui, mais non encore publiée, fournie par un bouveau de l'étage de 685 mètres, au charbonnage de Monceau-Fontaine. Il s'agit d'un tronc de Calamites, coupé en deux par le rejet d'une faille et dont le bas se terminait contre un banc de grès, alors que le tronc était noyé dans du schiste psammitique bien différent. Des courants avaient, sans aucun doute, enlevé ce fragment de tronc à son sol natal et l'avaient enfoui dans des dépôts tout autres. Les réflexions que suggère ce cas, comparé à celui du gisement d'Oignies-Aiseau, amènent M. Stainier à retrouver ici un mode de gisement fort rare en Belgique, mais bien connu en Angleterre, où il est décrit sous le nom de « wash-out ». Le schiste du toit de la couche a disparu alors, et le courant ayant amené les éléments grossiers ou sableux du grès de remplacement, a parfois érodé profondément jusqu'à la couche de charbon formée. Cette démonstration lithologique d'eaux agitées et de courants, avec phénomènes corrélatifs d'érosion et de creusement, est tout en faveur de la thèse rattachant les troncs debout à des phénomènes de transport.

L'impression aux *Mémoires* du travail de M. X. Stainier, avec la planche qui l'accompagne, est ordonnée par l'Assemblée.

M. Harzé signale une découverte semblable, faite dans un puits, mais au sujet de laquelle aucune observation n'a été faite, étant données les difficultés de l'examen des lieux.

De son côté, M. Kersten demande à M. Stainier de bien vouloir expliquer ce fait que l'extrémité de l'arbre qu'il vient de décrire était repliée.

M. Stainier fait connaître que cet état de choses peut s'expliquer de deux façons. Il peut être dû à l'influence des couches surincombantes, qui ont exercé une pression sur l'arbre et en ont replié l'extrémité. Il s'agirait là d'un phénomène mécanique ou de tassement, des couches de sédiments venant se déposer sur la tête de l'arbre. Il paraît à M. Stainier plus vraisemblable d'admettre que le ploiement du dessus du tronc est dû à l'influence des courants ayant peu à peu infléchi le bout de l'arbre émergeant du sein de la vase sédimentaire.

A. RUTOT. — Nouveau type de roche granitique dans la région de la Helle (frontière belgo prussienne).

M. A. Rutot présente à la Société une roche qui lui a été remise par son collègue M. Severin, conservateur d'entomologie au Musée royal d'Histoire naturelle.

Pour ses recherches d'éthologie, M. Severin se rend assez souvent dans la forêt de l'Hertzogenwald et à la Baraque-Michel, où il se trouve alors non loin du gisement de granite découvert, il y a quelque temps, dans la vallée de la Helle, formant frontière entre la Prusse et la Belgique.

Le fragment de roche que présente M. Rutot provient des environs immédiats du gisement de granite de la Helle, et il a un aspect assez bizarre.

Dans un ciment lourd et ferrugineux sont implantés des myriades de petits cristaux blancs, paraissant être du feldspath.

M. Rutot rappelle à ce sujet que certains échantillons de granite de la Helle sont fortement chargés de pyrite ou sulfure de fer.

La roche présentée semble être une altération profonde d'une partie de granite très imprégnée de pyrite.

Notre zélé confrère, M. le lieutenant E. Mathieu, répétiteur à l'École

militaire, a bien voulu accepter de faire l'étude de la roche présentée par M. Rutot.

M. le Secrétaire général résume ensuite les deux communications suivantes de M. Mailleux :

Quelques mots sur les Trilobites du Couvinien des environs de Couvin, par EUGÈNE MAILLEUX.

Lorsque, dans son magistral ouvrage : *Les enchainements du monde animal*, l'illustre professeur M. A. Gaudry examine les Trilobites, il s'exprime de la sorte : « Voici des êtres d'une antiquité bien vénérable ; on ne touche pas sans quelque émotion ces créatures dont la vie s'est passée dans des temps tellement reculés que l'imagination a peine à les concevoir. » Et c'est bien vrai ; ces étranges animaux ont, de tout temps, inspiré au monde des géologues le plus vif intérêt : c'est ce qui m'encourage à signaler, avec les gisements où je les ai rencontrés, ceux qu'il m'a été donné de trouver au cours de mes nombreuses excursions dans les schistes et calcaires à Calcéoles des environs de Couvin :

1° A 500 mètres à l'Ouest de Couvin, au lieu dit « La Gripette », on rencontre dans des schistes gris (*Co n*) et dans des bancs de calcaire (*Co m*) :

Harpes macrocephalus Goldf.

Phacops latifrons Bronn.

Cryphaeus, cf. *arachnoideus* Goldf. sp.

Proetus cornutus Goldf.

Proetus laevigatus Goldf.

Proetus Barroisi nov. sp.

Proetus granulosus Goldf.

Bronteus flabellifer Goldf.

Bronteus sp. ?

Acidaspis, cf. *vesiculosa* Beyr.

2° A 600 mètres au Sud-Ouest de ce point, à l'intersection des routes de Chimay et de Pesche, j'ai recueilli, dans un banc de calcaire (*Co m*) :

Phacops latifrons Bronn.

Cryphaeus, cf. *arachnoideus* Goldf. sp.

Bronteus flabellifer Goldf.

3° A 200 mètres à l'Ouest du point précédent, le long du chemin de Dailly, les blocs de calcaire (*Co m*) épars à la surface du sol renferment :

Harpes macrocephalus Goldf.
Phacops latifrons Bronn.
Cryphaeus, cf. *arachnoïdeus* Goldf. sp.
Proëtus laevigatus Goldf.
Bronteus flabellifer Goldf.

4° A 400 mètres au Nord-Ouest de la station de Couvin, l'exploitation d'une carrière pour la fabrication de la chaux met à découvert, dans les bancs de schistes (*Co n*) et de calcaire argileux (*Co m*) :

Phacops latifrons Bronn.
Proëtus laevigatus Goldf.
Proëtus granulosus Goldf.
Dechenella ?
Bronteus flabellifer Goldf.
Acidaspis, cf. *vesiculosa* Beyr.

5° A 200 mètres au Sud de ce gisement, le long du chemin de Boussu-en-Fagne, les schistes gris (*Co n*) renferment :

Phacops latifrons Bronn.
Bronteus flabellifer Goldf.

6° A environ 1 400 mètres au Nord-Ouest de Couvin, à proximité du chemin de « la Justice », les bancs de schistes gris (*Co n*) m'ont procuré :

Bronteus flabellifer Goldf.

7° A 1 100 mètres au Sud-Ouest de Couvin, au lieu dit « Fosses d'Ardignies » (anciennes minières), on trouve, dans des bancs de calcaire très altéré (*Co m*) :

Phacops latifrons Bronn.
Proëtus laevigatus Goldf.
Proëtus granulosus Goldf.
Dechenella ?
Bronteus flabellifer Goldf.

8° A 400 mètres au Sud de ce gisement, le long du chemin de « la Forêt », les schistes gris (*Co n*) renferment :

Phacops latifrons Bronn.
Proëtus laevigatus Goldf.

Les espèces rencontrées sont donc les suivantes :

Harpes macrocephalus Goldf.
Phacops latifrons Bronn.
Cryphaeus, cf. *arachnoideus* Goldf. sp.
Proëtus cornutus Goldf.
Proëtus laevigatus Goldf.
Proëtus granulatus Goldf.
Proëtus Barroisi nov. sp.
Dechenella?
Bronteus flabellifer Goldf.
Bronteus sp.?
Acidaspis, cf. *vesiculosa* Beyr.

Les exemplaires de *Cryphaeus* (consistant en pygidiums), comparés à des échantillons du *C. arachnoideus* Goldf. sp. du Frasnien, me paraissent devoir lui être assimilés; de même, je pense pouvoir rapporter à l'*Acidaspis vesiculosa* Beyr. plusieurs boucliers céphaliques malheureusement en assez mauvais état, mais présentant de grandes analogies avec la figure et la description que donne M. Ch. Barrois dans son mémoire sur le calcaire devonien de Chaudefonds (1). Deux glabelles, ainsi que deux portions importantes de pygidiums de forme elliptique et bordés d'un large limbe bombé, appartiennent probablement au genre *Dechenella* Kayser. — Un pygidium du genre *Bronteus* Goldf. (*Bronteus* sp.?), à contour extérieur entier, à test granulé, présente une particularité qui m'a paru propre à le différencier du *Bronteus flabellifer* Goldf. : sa côte médiane, plus large proportionnellement que celle du *B. flabellifer*, est subdivisée, à partir de l'axe, par un sillon occupant environ le quart de la longueur totale de la plèvre et de même profondeur que les rainures intercostales. Il paraît différer également du *B. flabellifer* par sa forme plus allongée. Enfin, une espèce est nouvelle; elle appartient au

Genre *Proëtus* Stein.

assez bien représenté, comme l'on a pu s'en rendre compte, dans les divers gisements explorés.

Proëtus Barroisi nov. sp.

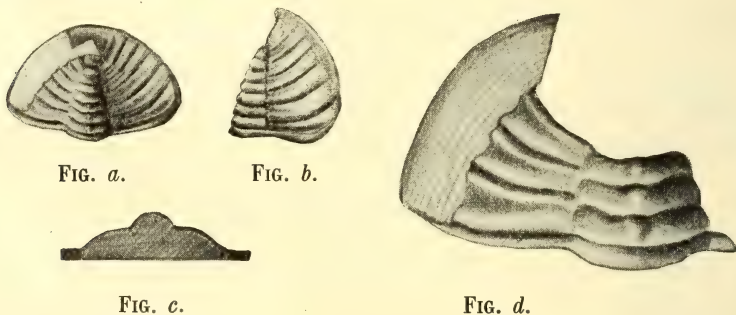
Tête, hypostome et thorax inconnus.

Pygidium semi-circulaire, médiocrement bombé et dont les bords

(1) *Annales Soc. Géol. du Nord*, t. XIII, 1885-1886, p. 173, pl. IV, fig. 2.

latéraux se relèvent légèrement du côté du limbe. Longueur : 15 millimètres; largeur : 22 millimètres. Axe saillant, de forme triangulaire, dominant les côtés latéraux, dont il atteint un peu plus de la moitié en largeur; sa longueur égale environ les deux tiers de la longueur totale du pygidium. Les deux sillons dorsaux qui le limitent sont nettement marqués. En plus du genou articulaire, il porte sept articulations, dont les trois premières sont ornées, au milieu, d'un très petit grain, d'autant moins saillant qu'on s'éloigne de la ligne suturale du thorax. Chacun des lobes latéraux porte six côtes peu arquées, à bord postérieur aigu, séparées par des rainures intercostales assez profondes et subdivisées par un sillon qui prend naissance près de l'axe et s'élargit du côté de l'extrémité des plèvres, qu'il rend fourchues. Ces côtes, dont les premières sont très nettes, s'atténuent graduellement, de telle façon que la dernière est assez peu visible. Le pygidium est bordé d'un limbe rudimentaire, plat et horizontal. Le test est orné de très fines stries irrégulières, sillonnant les côtes un peu obliquement, et l'impres-sion de sa doublure montre un réseau de stries dichotomes, concentriques au contour extérieur.

Ce trilobite me paraît appartenir au groupe des *Proëtus* à test strié, de Barrande. Je le dédie au savant professeur de Lille, M. Ch. Barrois, qui, en 1900, a bien voulu l'examiner. Il le considère comme une forme nouvelle du genre *Proëtus*, dont les espèces les plus voisines, qui d'ailleurs ne sont pas identiques, sont : *Proëtus latens* (1) de Bohême, étage F, et *Proëtus catilus* (2).



EXPLICATION DES FIGURES.

- a. Pygidium, vu de face, gr. nat.
- b. Le même, vu de profil, gr. nat.
- c. Section transversale, gr. nat.
- d. Portion grossie trois fois.

(1) BARRANDE, p. 451, pl. XV, fig. 52 et 53.

(2) MAURER, *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, B. B., 1880, p. 13, pl. I, fig. 10.

Fouilles au « Trou de l'Abîme », à Couvin (juillet 1902),
par EUGÈNE MAILLEUX.

Les travaux effectués en vue de l'aménagement de la grotte du « Trou de l'Abîme », à Couvin, ont amené la découverte, à l'intérieur de la caverne, d'assez nombreux ossements.

Déjà en 1888, des fouilles avaient été pratiquées en cet endroit par MM. Paul Gérard, Yvan Braconier et Max Lohest (1). Je me contenterai de renvoyer, pour la description de la caverne, à celle des premiers explorateurs (2).

Le sol de la caverne présentait la coupe suivante, du haut en bas :

- A. — Argile remaniée, provenant des anciennes fouilles, mélangée à une argile noire renfermant quantité de débris. pouvant se rapporter à l'époque moderne. Épaisseur : 10 à 30 centimètres.
- B. — Terre grise, calcareuse, mélangée à une argile jaunâtre contenant des blocs anguleux de calcaire parfois assez volumineux. Épaisseur : 40 centimètres.
- C. — Argile rouge, plastique, passant vers la base à un tuf calcaire très dur. Épaisseur : 30 centimètres.
- D. — Sable jaune.
- E. — Calcaire couvinien (*Co m*).

Les dépôts, qui n'étaient pas nettement stratifiés, ont complètement disparu. Ils diminuaient graduellement d'épaisseur vers le fond de la caverne, où le rocher affleurerait en avant de l'abîme (3).

La couche A renfermait des tessons de poteries appartenant à l'époque romaine et au haut moyen âge (XIII^e-XIV^e siècle). Notons ici en passant que les fragments de poteries dont parlent MM. Braconier et Lohest (4) appartiennent, sauf un seul, à l'époque romaine et non pas à l'époque néolithique.

La couche C contenait d'assez nombreux ossements, dont la détermination est due à l'inépuisable obligeance du savant naturaliste, M. L. Depauw. Nous indiquons ci-après les espèces auxquelles ils appartiennent.

(1) Voir *Annales Soc. Géol. de Belg.*, t. XV, BULL., 1888, pp. LX à LXV.

(2) *Loc. cit.*, pp. LXI et LXIV.

(3) Voir croquis, *loc. cit.*, p. LXI.

(4) *Loc. cit.*, p. LXIII.

Canis vulpes Lin.

- 2 maxillaires inférieurs droits;
- 2 molaires inférieures;
- 1 canine;
- 1 vertèbre atlas.

Canis lupus Lin.

- 1 canine supérieure;
- 1 métacarpien.

Hyena spelæa Goldf.

- 1 intermaxillaire gauche;
- 1 maxillaire inférieur gauche;
- 2 canines;
- 1 tibia;
- 3 métacarpiens;
- 1 astragale;
- 1 calcanéum.

Felis spelæa Goldf.

- 1 molaire inférieure;
- 1 métacarpien;
- 1 calcanéum.

Ursus spelæus Blum.

- 1 condyle de maxillaire inférieur;
- 10 incisives;
- 1 canine supérieure;
- 2 canines inférieures;
- 2 molaires inférieures;
- 1 molaire supérieure;
- 1 vertèbre cervicale;
- 1 péroné;
- 3 humérus;
- 1 fragment de cubitus;
- 2 métacarpiens;
- 1 métatarsien;
- 1 phalange;
- 1 côte;
- 1 ischion.

Ursus priscus Cuv. (?)

- 1 canine supérieure.

Meles taxus Schreb.

- 1 molaire;
- 1 cubitus;
- 1 fémur.

Sus scrofa Lin.

- 1 fragment de maxillaire infér. droit;
- 1 fragment de maxillaire supér. droit;
- 4 incisives inférieures;
- 6 incisives supérieures;
- 5 canines inférieures;
- 1 canine supérieure;
- 1 molaire inférieure;
- 3 molaires supérieures;
- 1 radius;
- 1 fragment de tibia;
- 1 cubitus;
- 1 métacarpien.

Cervus elaphus Lin.

- 1 fragment d'andouiller;
- 1 vertèbre cervicale;
- 1 métatarsien;
- 1 omoplate droite;
- 1 fragment de tibia.

Cervus tarandus Lin. (?)

- 1 temporal gauche.

Capra hircus Lin.

- 1 maxillaire inférieur;
- 4 molaires;
- 1 humérus.

Capra ibex Lin. (?)

- 1 molaire;
- 1 fragment de noyau de corne.

Equus caballus Lin.

- 5 incisives inférieures ;
- 4 incisives supérieures ;
- 4 molaires inférieures ;
- 18 molaires supérieures ;
- 1 humérus droit, rongé par la Hyène ;
- 3 métacarpiens ;
- 2 os du carpe ;
- 1 ilium, rongé par la Hyène ;
- 2 stylets ;
- 1 sésamoïde ;
- 1 sabot ;
- 1 vertèbre cervicale.

Bos primigenius Boj.

- 1 molaire inférieure ;
- 6 molaires supérieures ;
- 1 malléole du cubitus ;
- 1 astragale droit ;
- 1 fragment de radius ;
- 1 fragment de calcanéum ;
- 1 côte ;
- 1 fragment de vertèbre cervicale.

Bos taurus Lin.

- 1 incisive ;
- 6 molaires inférieures ;
- 1 fragment de métatarsien ;
- 2 métacarpiens ;
- 1 phalange ;
- 1 radius ;
- 2 tibias.

Bos sp. (?)

- 1 fragment d'humérus ;
- 1 astragale droit.

Tetrao lagopus Lin.

- 1 métacarpien.

Gallus sp. (?)

- 2 métatarses gauches ;
- 1 humérus ;
- 1 métacarpien d'un grand oiseau aquatique indéterminé ;
- Ossements de ruminants présentant des traces de cassures intentionnelles.

MM. Braconier et Lohest citent l'*Ursus arctos* ; peut-être ont-ils voulu désigner l'*Ursus priscus* (?), car M. L. Depauw, qui a aussi examiné la plupart des ossements découverts en 1888 par M. Paul Gérard, n'y a reconnu, dans les restes appartenant au genre *Ursus*, que *Ursus spelaeus* et *Ursus priscus* (?).

La présence du Tigre, de la Hyène et de l'Ours des cavernes caractérise nettement le Quaternaire inférieur des grottes, âge de l'*Elephas primigenius*.

Certains ossements portent des conchoïdes de percussion, et, d'un autre côté, les premiers explorateurs constatent la présence de quelques « silex patinés, taillés en lames et n'offrant pas de caractères spéciaux », ainsi que de traces de foyers (1). On peut donc en conclure que bien qu'il y ait laissé fort peu d'indices de sa présence, l'homme contemporain du Mammouth a habité cette caverne.

(1) *Loc. cit.*, p. LXII.

Il est ensuite donné lecture de la note ci-après de M. E. Fournier :

**E. FOURNIER. — Quelques mots sur la source d'Arcier
près de Besançon.**

Réponse à la note de M. Putzeys.

C'est avec le plus vif étonnement qu'en lisant la très intéressante note de M. Putzeys sur les sources vauclusiennes, je m'y vois accusé d'avoir voulu « sauver la source d'Arcier de Besançon », alors que depuis sept ans que je professe la Géologie à l'Université de cette ville, je ne cesse de mettre en garde la population contre son usage.

Cette question des eaux d'Arcier a même donné lieu, dans la presse locale, à de nombreuses polémiques, au cours desquelles j'ai eu à soutenir une lutte parfois très vive contre les préjugés d'une partie du public qui prétendait que les eaux d'Arcier ayant été utilisées de temps immémorial, étaient par conséquent excellentes (!!), et contre l'opinion de certains *membres du corps médical* qui affirmaient que l'eau d'Arcier était meilleure que la plupart de celles utilisées dans les autres villes de France et qu'il n'y avait pas lieu d'alarmer la population en lui révélant l'origine de cette eau et les causes de contamination auxquelles elle est sujette.

Je ne reviendrai pas ici sur les diverses phases de cette polémique, mais, pour montrer l'état d'esprit qui règne dans une partie de la population, je tiens à relater ici un incident typique tout récent.

A force de récriminations, j'avais fini par obtenir que toutes les fois que l'eau d'Arcier serait suspecte, on ouvrirait dans tous les quartiers de la ville des bouches d'eau d'Aglans (eau excellente en tous temps). J'avais même demandé que cette distribution d'eau fût permanente; on ne put faire droit à cette demande, le débit de la source d'Aglans étant, paraît-il, insuffisant (1). Ces bouches portaient un écriteau indicateur : *Eau d'Aglans*, et chacun pouvait y venir puiser l'eau potable nécessaire à son alimentation.

Or, fin juillet dernier, et au moment où des cas de fièvre typhoïde s'étaient déclarés à Nancray, j'apprenais avec stupeur qu'on avait refoulé l'eau contaminée d'Arcier dans les réservoirs d'Aglans et que, par

(1) Le captage des sources d'Aglans ayant été amélioré, la municipalité va se mettre en mesure de remplacer les bornes provisoires par des bornes permanentes.

conséquent, l'eau que l'on distribuait sous la fallacieuse enseigne *Eau d'Aglans* était en réalité un mélange contenant l'eau typhoïgène d'Arcier !

J'envoyai immédiatement une note à la presse. M. le Dr Baudin, médecin de l'hygiène publique, y répondit en reconnaissant la réalité des faits avancés par moi, mais en déclarant qu'il avait fait désinfecter avec soin tous les points contaminés, stériliser les selles des malades, etc.

J'envoyai une nouvelle note à la presse, où, tout en rendant hommage au zèle de M. le Dr Baudin, je montrais combien il était imprudent et hasardeux de considérer ces mesures comme radicalement efficaces, et dans laquelle j'adjurais la population de ne plus boire ni eau d'Arcier ni mélange de cette eau avec celle d'Aglans sans la stériliser.

Le journal auquel j'adressai cette note *refusa de la publier pour ne pas alarmer les baigneurs!!* Je crois donc inutile de multiplier les exemples pour montrer que, malgré les préjugés et même la résistance d'une partie de la population, je n'ai cessé de condamner la source d'Arcier avec la dernière énergie.

M. Putzeys est évidemment très incomplètement renseigné sur la situation exacte de la ville de Besançon au point de vue de l'alimentation en eau potable, quand il prétend que je veux sauver la source d'Arcier par un moyen aussi mauvais que la source elle-même ; il importe donc d'exposer ici cette situation.

1° La ville est alimentée par deux sources principales : a) Arcier, abondante et très mauvaise en grandes eaux ; b) Aglans, qui alimente les quartiers élevés de la ville, peu abondante, mais excellente en toute saison ;

2° Toutes les sources importantes des environs que l'on pourrait amener à Besançon sont des résurgences vauclusiennes *aussi mauvaises* qu'Arcier ;

3° La ville a 55,562 habitants et peu de ressources financières ;

4° Il n'y a, à mon avis, qu'un moyen d'obtenir une quantité d'eau potable égale au débit d'Arcier, c'est de faire, comme le veut le projet Chavanne, le drainage du sous-sol de Chailluz, ou de réaliser un des grands projets d'adduction que j'ai proposés. Ces travaux seront évidemment très coûteux, et la ville prétend être dans l'impossibilité matérielle de faire cette dépense. Si donc on supprime complètement Arcier, où trouver l'eau nécessaire pour alimenter la ville ? Si M. l'ingénieur Putzeys veut bien, avec sa compétence bien connue, étudier la question et présenter à la municipalité un projet rapidement réalisable

et pratique, je crois pouvoir lui affirmer qu'il sera le bienvenu et qu'il aura bien mérité de la population bisontine; mais en attendant la réalisation d'un des grands projets proposés, on ne peut laisser la population mourir de soif.

Quand j'ai proposé d'augmenter le débit d'Aglans (ce qui est réalisable), de réserver Arcier autant que possible pour les usages domestiques et de lavage des rues et de supprimer complètement ses eaux dès qu'elles deviennent dangereuses, *je n'ai pas prétendu avoir trouvé un remède radical*, mais simplement *une atténuation, une amélioration à la situation actuelle*.

M. Putzeys semble aussi ignorer que nous possédons un *laboratoire de bactériologie*, où l'on analyse constamment l'eau d'Arcier; que la surveillance médicale du plateau est bien organisée par M. le Dr Baudin et plusieurs de ses collaborateurs; qu'en outre, le débit de la source d'Arcier étant très considérable, on peut se contenter d'un débit bien inférieur au débit moyen; que cette source est très sensible aux précipitations atmosphériques et que, par conséquent, on peut percevoir la plus petite crue et supprimer l'eau immédiatement. Enfin, étant donnée la distance qui sépare Arcier de Besançon, on peut supprimer les eaux plus d'un jour avant que les eaux de la crue n'arrivent à la distribution.

Mais, je le répète encore une fois, il ne faudrait voir dans ces mesures, que j'ai indiquées pour *améliorer* la désastreuse situation actuelle, *aucune tendance à préconiser l'emploi d'eaux vaclusiennes pour l'alimentation publique*, à moins que le bassin d'alimentation de ces sources ne soit « entièrement boisé, inculte et inhabité », ainsi que je l'ai dit dans toutes les conclusions de mes travaux antérieurs, *dans lesquels, depuis dix ans, je condamne l'emploi des résurgences*.

Je m'associe également d'une façon complète à cette conclusion de M. Putzeys, que « *seules les zones de protection naturelle sont acceptables* ». Mais lorsqu'il est impossible de se procurer, pour alimenter une ville, des sources dont le bassin d'alimentation soit dans ces conditions, il ne faut pas faire fi de la surveillance médicale et bactériologique ni des autres mesures qui, sans supprimer d'une façon absolue le danger, peuvent du moins diminuer les risques dans de fortes proportions; il convient, au contraire, d'exiger que ces mesures préventives soient prises d'une manière rigoureuse, que la surveillance soit aussi constante que possible et que le public, tenu en éveil par de fréquents avertissements, soit constamment mis en garde contre le danger qu'une négligence de sa part peut lui faire courir.

Ainsi, actuellement à Besançon, bien que l'eau excellente d'Aglans soit mise à la disposition de tous dans les bouches ouvertes à cet effet, je sais de source certaine que, malgré tout ce qui a été dit sur l'eau d'Arcier et ses dangers, *plus de la moitié de la population continue à s'en abreuver avec une inconscience parfaite*. C'est pourquoi nous avons insisté pour la *suppression absolue* de cette eau pendant les périodes où elle est dangereuse, ayant hélas reconnu que sa suppression définitive et complète était extrêmement difficile à réaliser immédiatement.

M. Magnin et moi avons aussi proposé une autre solution, celle de la double canalisation, consistant à distribuer dans toutes les maisons, comme eau de boisson, la quantité relativement faible d'eau absolument pure dont on peut disposer, réservant pour les usages domestiques et le nettoyage des rues les eaux contaminées. Ici, comme toujours, c'est l'éternelle question financière qui vient mettre obstacle à la réalisation du projet, et, en attendant que les pouvoirs publics prennent une décision, il faut parer aux besoins immédiats. Voilà pourquoi nous avons cru bien faire en proposant des améliorations immédiatement réalisables, en attendant qu'un projet définitif plus complet puisse être mis à exécution.

M. l'ingénieur *Putzeys*, répondant à cette note, s'exprime comme suit :

E. PUTZEYS. — Les sources vauclusiennes.

Réponse à la note de M. Fournier.

Je suis heureux de constater que M. Fournier est complètement d'accord avec moi pour condamner la mise à contribution des résurgences pour l'alimentation des agglomérations humaines et d'apprendre qu'il s'associe à l'opinion que j'ai émise, que *seules les zones de protection naturelle des sources sont acceptables*.

On comprend parfaitement, tout en le déplorant, que lorsqu'un captage montre des défaillances qui se traduisent par des poussées épidémiques, il soit parfois difficile de couper le mal dans sa racine et que l'on puisse se trouver obligé, en attendant une solution définitive, d'accepter un remède provisoire.

Mais lorsqu'une ville a été le théâtre d'une série d'épidémies dont les origines sont nettement établies, que le remède provisoire a dû être régulièrement appliqué pendant trente ans, c'est presque un devoir

pour le spécialiste de se refuser à participer à la mauvaise action que commettent les administrateurs de la chose publique en maintenant une source qui a un passé si funèbre.

Indiquer un remède à la situation qui nous a été dénoncée serait prêter la main à l'acte véritablement criminel qui consiste à empoisonner la population d'une ville; je me plais à espérer, Messieurs, que cette manière de voir sera partagée par cette assemblée d'hommes qui, se plaçant en dehors des questions de rivalités politiques qui sont aujourd'hui trop souvent le mobile des actions humaines, n'a en vue que la science et ses applications au bien public.

Le triste tableau que je vous ai fait de la distribution d'eau de Besançon, lorsque je vous ai entretenus en juillet dernier des « Sources vauclusiennes et des zones de protection », était, malgré les faits déjà inconcevables que je relevais, était, dis-je encore, incomplet.

La note de M. Fournier nous apprend qu'au moment même où je prenais la parole, des cas de fièvre typhoïde se déclaraient à Nancray qui, vous vous le rappellerez, pratique le tout à l'égout par l'intermédiaire d'un ruisseau dont la source d'Arcier est la résurgence!

Malgré les avis donnés par M. Fournier, les eaux de la source d'Arcier furent mélangées aux eaux de la source d'Aglans, — parfaite en tout temps, nous dit-on, — et ce mélange fut livré sous nom « d'Eau d'Aglans » à la population!

Ce n'était pas suffisant encore.

J'ignorais jusqu'ici que Besançon fût une ville d'eaux. La note de M. Fournier nous l'apprend et nous dit qu'un journal auquel il envoyait un article par lequel il adjurait la population de ne plus faire usage de l'eau qu'on lui délivrait sous le titre menteur d'« Eau d'Arcier » sans l'avoir préalablement stérilisée, refusa de la publier pour ne pas alarmer les baigneurs.

Ainsi, non seulement les habitants de Besançon se trouveraient exposés au danger que dénonce sans ambages M. Fournier, mais encore l'on tendrait un traquenard aux étrangers!

S'il en est bien ainsi, il n'y aura qu'une voix au sein de la Société de Géologie pour stigmatiser des actes aussi odieux et pour féliciter notre savant collègue, M. Fournier, de sa courageuse attitude que je regrette, pour ma part, de ne pas avoir mieux comprise à la lecture de ses premiers travaux.

Note insérée à la demande de M. **Jeannot**, de *Besançon*.

A la suite d'une récente communication faite à la Société relativement à la source d'Arcier, M. *Jeannot*, ingénieur-directeur des eaux de la ville de *Besançon*, nous a priés de faire remarquer que cette dernière ville, au point de vue de l'hygiène, ne mérite nullement la mauvaise réputation qui lui a été faite, notamment par suite de son alimentation à la susdite source.

Il signale notamment, en reproduisant les chiffres d'un document statistique récent (1), que la moyenne de la mortalité par la fièvre typhoïde a été de 0.27 ‰ habitants en 1902, alors qu'elle avait été de 0.45 ‰ en 1901.

Le relevé des douze premières années (1890-1901) montre que cette moyenne, pendant cette période, a été de 0.28 ‰ habitants, tandis qu'elle était de 0.58 ‰ pour les autres villes françaises. Il en résulte que les ravages causés par la fièvre typhoïde à *Besançon* sont moindres d'un tiers environ que ce qu'indique la moyenne des autres villes françaises d'importance comparable.

M. *Jeannot* ayant cru devoir, à la suite de la récente note de M. *Putzeys*, attirer l'attention de la Société sur ce fait, il a paru équitable de le porter à la connaissance de nos collègues.

M. le *Secrétaire général*, en ce qui concerne le compte rendu qu'il avait promis de faire des travaux d'hydrologie du Congrès d'Hygiène et de Démographie de Bruxelles 1903, signale que déjà les membres s'intéressant spécialement à la question ont reçu, par ses soins, un exemplaire de la synthèse et des conclusions de sa communication présentée au dit Congrès, en sa qualité de délégué officiel pour la Belgique et en réponse à la troisième question de la troisième section, la seule d'ailleurs qui intéresse tout spécialement la Société.

Cette synthèse et ces conclusions seront publiées dans le *Bulletin*, avec le compte rendu sommaire des travaux des autres rapporteurs, si toutefois ceux-ci paraissent en temps utile pour nos impressions.

Vu l'heure avancée, il paraît difficile d'entrer aujourd'hui dans le détail des thèses présentées par les divers spécialistes ayant pris part au débat.

(1) *L'année démographique et sanitaire 1902*, à *Besançon*, par M. le Dr BAUDIN; article publié dans le numéro du 10 septembre 1903 de la REVUE MÉDICALE DE LA FRANCHE-COMTÉ, pp. 149-156.

Si la publication du compte rendu officiel ne devait pas trop tarder, le mieux serait, M. *Van den Broeck* l'admet avec plusieurs de ses collègues, de reproduire purement et simplement, comme annexe au procès-verbal d'une de nos dernières séances de l'année, les comptes rendus officiels pour les adjoindre à l'exposé personnel du délégué belge : M. Van den Broeck.

La séance est levée à 10 heures.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 17 NOVEMBRE 1903.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Le Mammouth du Musée de Saint-Pétersbourg.

Le nouvel exemplaire d'*Elephas primigenius* que l'on a découvert, il y a deux ans, en Sibérie, sous le cercle polaire arctique, est arrivé sain et sauf, si l'expression peut s'appliquer à un animal qui a péri il y a quelques milliers d'années. Les loups et les renards avaient dévoré les parties molles qui recouvraient le crâne, mais pour le reste, il était aussi frais qu'une carcasse de bœuf sortant d'une glacière. Au Musée de Saint-Pétersbourg, on a représenté ce fossile dans la position dans laquelle on l'a découvert, c'est-à-dire couché à terre, les pieds de derrière sous le ventre et les membres antérieurs à l'état de flexion. Il semble, d'après cette position, que l'animal a dû être surpris par derrière par une descente d'un paquet de neige, et qu'il a été enfoui et étouffé sous celle-ci.

On a trouvé dans la bouche de l'animal de l'herbe qui avait été mâchée, mais qu'il n'avait pas eu le temps d'avalier. On voit donc clairement que l'animal était un vrai herbivore, qui se nourrissait de plantes analogues à celles que l'on rencontre encore de nos jours dans la *tundra*.

Le Dr Salensky a publié un beau travail, avec planches, où il compare le squelette et les dents avec ceux de *Elephas indicus* et *E. africanus*.

V. D. W.

EUG. DUBOIS, membre de la Société belge de Géologie. — **Faits relatifs à la recherche de la direction et à l'origine des eaux souterraines de nos provinces maritimes (Pays-Bas).** En langue néerlandaise ; tiré-à-part de : *Verslag van de Gewone Vergadering der Wis- en Natuurkundige Afdeling, van 27 Juni 1903.* Amsterdam.

L'auteur constate que l'origine et l'allure des eaux souterraines des provinces basses de la Hollande sont peu connues. Un grand nombre d'hypothèses furent émises sur leur origine. Des faits observés jusqu'à ce jour, on peut cependant tirer certaines conclusions. M. Dubois a principalement étudié la partie Sud de la Hollande septentrionale et la partie limitrophe de la Hollande méridionale et de la province d'Utrecht.

D'innombrables sondages, exécutés dans cette région, ont bien fait connaître la nature du sol. La couche supérieure est généralement peu perméable et rend difficile l'infiltration verticale des eaux dans les sables grossiers et les graviers sous-jacents.

A la suite d'un grand nombre d'observations faites sur le niveau piézométrique de nombreux puits forés, l'auteur constate que les eaux cheminent des polders les plus élevés vers les plus bas. Il arrive parfois dans ces derniers que les forages amènent à la surface des nappes qui s'équilibrent au-dessus du sol. L'auteur appelle aussi l'attention sur l'influence qu'eut l'assèchement du lac de Haarlem sur la nappe phréatique des dunes.

Nous nous permettons d'attirer tout particulièrement l'attention des hydrologistes sur le mémoire si intéressant de notre savant confrère. Cette étude consciencieuse leur sera d'une grande utilité. O. v. E.

D^r ED. IMBEAUX. — **Annuaire des distributions d'eau.** *Les eaux de Paris, Versailles et la banlieue.* Paris. V^e Ch. Dunod, éditeur, 1905.

L'*Annuaire* s'occupe de toutes les distributions d'eau établies dans les pays de langue française. L'extrait, sur lequel nous attirons l'attention, est consacré tout spécialement aux eaux de Paris et de sa banlieue.

L'historique de cette question à Paris offre un intérêt tout particu-

lier; il nous fait voir les différentes phases que la question a présentées au siècle dernier. Aux canaux à ciel ouvert de la première moitié du siècle succède un programme nouveau à partir de 1854. Il en résulta une double canalisation : les anciennes dérivations furent utilisées pour les services publics, et Belgrand eut recours aux sources pour les usages domestiques. On établit les dérivations de la Dhuis et de la Vanne. On foras les puits artésiens de Grenelle et de Passy. Les quantités étant encore fort insuffisantes, on dériva les sources de l'Avre, du Loing et du Lunain. Enfin, dans la dernière décade, on eut recours aux eaux de rivière filtrées.

La notice donne une description complète, avec cartes, du service des eaux dans la ville de Paris et indique le mode d'alimentation en usage dans les différents arrondissements.

Un chapitre est consacré à la consommation, au prix et conditions de vente; un autre aux quantités disponibles et aux quantités consommées; un autre encore traite de la composition et de la qualité des eaux et de la surveillance dont elles sont l'objet au point de vue sanitaire. Les différents systèmes d'alimentation étant actuellement insuffisants, on se propose de porter la quantité d'eau disponible à 900,000 mètres cubes par vingt-quatre heures, quantité énorme, dont une partie doit être captée dans le val d'Orléans.

L'*Annuaire* traite encore de nombreuses distributions établies dans les localités voisines de Paris et fait connaître les différents modes de captage qui y sont mis en pratique. Il serait impossible de les signaler dans un résumé bibliographique; nous ne pouvons que recommander l'*Annuaire* à tous ceux qui s'occupent de la question si importante des eaux alimentaires.

O. v. E.

MELLARD READE. **The evolution of earthstructure.** Longmans, Green et C^o, 1903, London. Un vol. de vi + 342 pages, contenant XL planches.

M. Mellard Reade étudie les problèmes géologiques de la plus haute portée. Dans le livre qu'il nous présente, il a recherché les lois qui président à l'évolution des formes de l'écorce terrestre. Il démontre que partout le niveau des îles et des continents, aussi bien que la surface de la mer, subit des variations, mais qu'elles sont, pour les pre-

miers, plus difficiles à constater actuellement par suite de la lenteur des mouvements et de la difficulté de trouver des points de repère stables.

L'Angleterre, au Nord d'un axe qui passe par l'île de Man, paraît se relever, alors que, par contre, au Sud de cet axe, le niveau du sol descend, et ce mouvement est d'autant plus accentué qu'on se rapproche du Sud. Il a surtout été constaté sur les bords du canal de Bristol, sur les côtes de Cornouailles et du Devonshire. On a également démontré un relèvement pour la Scandinavie, le Groenland, le Spitzberg, l'île de Kolgouïev, la Nouvelle-Zemble. Tout récemment encore, l'expédition Sverdrup a montré que, dans l'extrême Nord, Ellesmere-land s'est relevé pendant l'époque moderne. On sait par les travaux de Gilbert et Spencer que les rives des Grands Lacs de l'Amérique du Nord n'ont pas actuellement l'inclinaison qu'elles avaient autrefois. Enfin les deux bords du continent américain, la côte pacifique et la côte atlantique, montrent, par leurs terrasses marines relevées, qu'ici aussi le continent se relève. On peut donc dire que tout l'hémisphère Nord relève sa surface à partie d'une latitude donnée.

L'auteur déclare avec raison que, pour expliquer ce relèvement, le principe de l'isostasce n'est pas suffisant, et que le dépôt des sédiments au fond de la mer, agissant par son poids, ne peut pas expliquer le relèvement des couches dans les continents voisins. Il admet qu'il doit exister dans les profondeurs du globe des forces qui maintiennent la proportionnalité entre les terres et les mers, et que les changements de niveau du sol sont provoqués par des changements de volume de certaines portions de la terre, sans que toutefois la masse de celles-ci ne soit modifiée.

Il cherche la raison de ces changements de volume dans certaines modifications physico-chimiques étudiées dans les laboratoires, et il en énumère quelques-unes. Il admet aussi que le refroidissement du globe ne se fait pas d'une manière régulière, et qu'il est probable qu'il s'y manifeste des périodes d'activité suivies de périodes de repos.

Nous nous permettrons de signaler à l'auteur une observation qui rentre dans le cadre de ses idées. Le refroidissement de la couche terrestre solide superficielle n'est pas le même aux pôles et à l'équateur, il varie au fond de l'Océan et à la surface du sol. Le refroidissement au fond des mers profondes, où l'eau est constamment au voisinage de 0° et où les courants, que l'on a constatés dans certaines régions profondes, soustraient de grandes quantités de calorique, permettent de supposer que le refroidissement du globe sous les

océans est beaucoup plus rapide que sur les crêtes des plus hautes montagnes, où il règne il est vrai un froid intense, mais qui n'affecte que des couches très superficielles et relativement peu étendues. Nous croyons que cette différence du refroidissement, agissant depuis la fin de l'âge tertiaire, peut exercer une action très importante sur la physique du globe.

Passant ensuite à l'étude de la formation des chaînes de montagnes, qu'il considère comme les parties continentales qui se sont formées en premier lieu, l'auteur attribue leur apparition au-dessus des eaux et leur soulèvement à une augmentation de volume des masses sédimentaires profondément situées au sein de la terre, et ce phénomène aurait été causé par une augmentation de la température. Ces chaînes squelettes ne tardent pas à s'étendre latéralement par suite de la sédimentation provenant de l'érosion, dont les dépôts s'effectuent sur leurs bords. L'auteur passe ensuite en revue une série de zones actuelles de sédimentation, et il trouve dans l'énorme épaisseur que présentent certaines couches sédimentaires anciennes la preuve de la longue durée et de la stabilité des conditions géographiques de certaines parties du globe pendant des époques géologiques très prolongées. Il insiste aussi sur la remarquable ancienneté des grandes lignes d'écoulement des eaux à la surface du sol, et il passe en revue les principaux fleuves du globe. Il cite, comme preuve de la longue durée de l'âge de certains fleuves, le canal sous-marin qui prolonge leur cours sur le fond de la mer; mais ici nous croyons pouvoir faire une légère objection. L'auteur lui-même nous montre que le delta des fleuves se continue sous les eaux de la mer, et s'étend parfois à des distances énormes, arrondissant continuellement son pourtour, il cite notamment celui du Congo. Ce delta est traversé par une énorme fosse qui s'étend à une grande distance. Partageant l'avis de M. Huddleston, l'auteur croit que ce canal a été creusé dans la roche vive et constituait le lit du fleuve alors que, par suite du relèvement de son niveau dans un temps relativement récent, il pouvait s'étendre plus loin sans rencontrer les eaux de la mer. Il y aurait eu depuis lors descente du continent et établissement des conditions géographiques actuelles, et la fosse marine actuelle du delta rappellerait l'état ancien. Comme ce canal sous-marin se rencontre pour presque toutes les embouchures de fleuves, il faudrait admettre que sur toutes les côtes il y a eu relèvement puis descente du sol continental, ce qui paraît peu probable. Nous croyons qu'il y a lieu de recourir à une explication beaucoup plus simple. La force des eaux du courant fluvial continue à agir au sein de la mer, dans

la direction qui leur a été imprimée. Ces eaux entraînent les sédiments du fleuve, qui se déposent surtout des deux côtés, et cette action est d'autant plus grande que les sédiments sont plus fins et plus longtemps soutenus par les eaux plus lourdes de la mer. Il se forme donc, au milieu du delta, un canal qui va toujours en s'approfondissant à mesure que le delta sous-marin s'accumule.

L'élévation des continents au-dessus du niveau des mers n'est pas due à la production des failles sur tout leur pourtour. Il semble plutôt que la mer s'enfonce parce que la masse située sous elle diminue de volume, et on peut citer l'exemple de la Méditerranée, de l'Adriatique, de la mer Noire, de la mer Caspienne. La théorie du refroidissement graduel du globe ne suffit pas pour expliquer la conformation des terres à la surface du globe. Elle met en jeu des forces de compression qui agissent latéralement, mais les partisans de cette théorie n'ont pas réussi à expliquer la formation de failles normales, pas plus que la succession des relèvements et des descentes des continents pendant la série des temps géologiques.

Il semble que les variations de niveau se produisent surtout dans la zone limite entre les mers et les continents, zone qui a une hauteur de 500 mètres environ. Au lieu d'invoquer le relèvement de continents entiers, il paraît plus simple d'admettre que les forces qui provoquent le déplacement des rives de la mer, se sont produites en ce même espace : du reste, la localisation de cette action est encore favorisée par l'accumulation des sédiments sur les pourtours des continents.

L'auteur passe ensuite à la description d'une foule d'expériences plus ou moins ingénieuses, montrant que les couches sédimentaires, de même que des lames de métal, se relèvent en plis si elles subissent une série de variations de température. Le relèvement est d'autant plus considérable que la zone qui subit les variations est plus étendue. En outre, grâce au retrait occasionné par le refroidissement, on peut provoquer des fractures qui rappellent les failles. Nous ne pouvons suivre l'auteur dans les chapitres où il expose les résultats de ses travaux de laboratoire, dont les conclusions, malgré qu'elles paraissent justifiées, laissent néanmoins dans l'esprit peu croyant une certaine inquiétude, provoquée par la simplicité élémentaire de l'expérience, en face de l'effrayante complication du problème tel qu'il se présente dans la nature, et par la rareté des données précises qu'on a pu réunir au sujet des conditions dans lesquelles se trouvent les éléments dans la profondeur de la terre.

Néanmoins nous devons être reconnaissants à l'auteur ; en abandon-

nant la théorie vraie, mais un peu simpliste, de la rétraction du globe par suite du refroidissement, il nous a fait faire un pas en avant dans la voie qui nous conduira à l'explication des formes tectoniques du globe.

A la fin du livre, on trouve un chapitre sur la formation des phyllades, qui présente un certain intérêt pour nous. L'auteur a étudié comparativement les ardoises de l'Ardenne et celles du Pays de Galles, ainsi que d'autres parties de l'Angleterre. Il constate une analogie frappante entre ces roches, tant au point de vue minéralogique que chimique, et cette analogie, mieux que tout autre argument, nous montre l'unité de l'antique bassin des mers cambriennes de ces régions et celle des modifications subies par leurs sédiments à la suite du soulèvement hercynien. L'auteur établit que la constitution physique est indissolublement liée avec la formation secondaire des minéraux lamellaires, micas et chlorites. Ces minéraux ont été laminés dans le plan du clivage, et leur formation secondaire a très probablement coïncidé avec le laminage. Il admet qu'il a fallu une température élevée et une pression suffisante agissant sur une roche de nature chimique et de constitution mécanique appropriées, pour obtenir la foliation.

V. D. W.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

Amérique. — Le lac bouillant de l'île Dominique.

Un habitant de l'île Dominique, M. Sterns-Fadelle, donne, dans un petit livre qu'il vient de publier, d'intéressants renseignements sur un curieux phénomène naturel que possède cette île et qui consiste en un lac bouillant. La région où il se trouve est extrêmement aride et difficile d'accès. Ce qui le prouve, c'est que ce phénomène n'est connu que depuis un temps relativement court, alors que l'île tout entière ne compte que 300 milles carrés, qu'elle a été colonisée par les Espagnols depuis le XVII^e siècle, cultivée par les Français d'une façon interrompue jusqu'à la moitié du XVIII^e siècle, et que depuis lors elle a été exploitée par les Français et les Anglais. La nature a pu longtemps cacher cette curiosité aux yeux des hommes, puisque, il y a une trentaine d'années, personne n'en soupçonnait encore l'existence.

En 1875, une expédition fut organisée pour explorer l'intérieur du pays. Elle était placée sous la direction du D^r Nicholls. Celui-ci nous a laissé une description du lac

bouillant, qu'il a probablement été le premier à contempler : « Nous escaladâmes les blocs de soufre, dit-il, et nous arrivâmes ainsi au sommet, d'où nous aperçûmes un spectacle admirable. Il semblait que nous étions au bord d'un gouffre effrayant, d'où s'échappaient des masses de fumée brûlante et de vapeurs asphyxiantes. Des roulements de tonnerre ainsi qu'un gargouillement étrange frappaient nos oreilles, et nous aspirions des gaz délétères. Le spectacle était si singulier, si saisissant et si beau que plusieurs minutes se passèrent avant que nous fussions en état d'échanger nos impressions. Ce qu'il y avait de plus curieux, c'était une sorte de muraille d'eau qui se dressait au milieu ; elle avait plusieurs pieds de hauteur et se mouvait dans un cercle d'étendue restreinte.

» Le rivage du lac était découpé en de nombreuses anses et, çà et là, des languettes de terre s'avançaient. Les rives étaient ornées d'une magnifique bande jaune d'or, due aux dépôts de soufre de l'eau. L'agitation de l'eau poussait de petites vagues sur le sable et l'on pouvait juger par les stries de la bordure jaune que le lac atteignait, à certaines époques, un niveau plus élevé.

» Nous ne pouvions apercevoir le mur central que pendant quelques secondes, car à peine la fumée était-elle rejetée sur le côté qu'elle était remplacée par une autre bouffée. Un étroit ruisseau tombait à quelque distance de nous dans le lac. L'issue de celui-ci se trouvait de l'autre côté, et nous ne pûmes pas, cette fois, l'explorer. Nous pûmes cependant observer distinctement une déchirure profonde dans les rochers dont le lac était entouré de toutes parts. »

Ce lac, qui se trouve à une altitude de 2,490 mètres au-dessus du niveau de la mer, a une forme elliptique. Quand il est rempli d'eau, il a environ 200 pieds de longueur et au moins 100 pieds de largeur. Une sonde, descendue à 10 mètres de la rive, n'a pu atteindre le fond à 195 pieds de profondeur. Deux petits ruisseaux d'eau froide se perdent dans le « lac bouillant ». Quand les eaux du lac sont hautes, elles forment une cataracte qui se jette dans une gorge profonde. L'eau n'est pas toujours en mouvement. A certains moments, elle est tranquille et brille aux rayons du soleil. A d'autres époques, elle s'agite et bouillonne et se met à tourbillonner au milieu de bruyantes détonations ; elle s'élève et s'abaisse en tournoyant et couvre d'écume les rochers qui l'encerclent. Le « lac bouillant » est le centre d'une activité volcanique de la Grande-Soufrière, région qui a environ 5 milles carrés d'étendue ; il constitue un des derniers vestiges du volcan qui s'éteint.

(Extrait du *Mouvement géographique*, 18 octobre 1903, n° 42.)

D. PANTANELLI. — Sur les puits artésiens.

Tous les mineurs savent que, dans beaucoup de cas, la pression des roches dans lesquelles sont ouvertes les galeries est énorme. Ces pressions doivent aider au jaillissement des puits artésiens et ajouter leur influence à celle qui dérive de la pression hydrostatique. Le problème ne pouvait pas être résolu théoriquement ; l'observation seule, dans des conditions particulières et bien définies, peut le trancher.

Ces conditions ont été trouvées dans le sous-sol de Modène, où, depuis bien des siècles, on pratique des forages pour atteindre les différentes nappes aquifères comprises dans la puissante formation argileuse qui comble la vallée du Pô, au-dessus des terrains néogènes. Les nappes aquifères sont au nombre de trois ; elles ont leur point d'affleurement là où les fleuves qui descendent des Apennins débouchent dans la plaine et elles dérivent des différents dépôts abandonnés pendant les divagations de ces fleuves. Les cailloux et les graviers diminuent de grosseur à mesure que l'on

s'éloigne des dernières collines et se fondent complètement dans la formation argileuse, à peu près au droit de la zone où les fleuves actuels cessent de charrier les graviers pour ne déposer que du sable et du limon.

« Les trois nappes aquifères, en dehors de la nappe phréatique, sont à la profondeur de 21 mètres, 45 mètres et 82 mètres, ce qui correspond à 13 mètres, 11 mètres et 48 mètres par rapport au niveau de la mer. Ces nappes, ayant la même origine à 110 mètres au-dessus du niveau de la mer, sont entre elles absolument indépendantes.

» Au moyen d'appareils enregistreurs automatiques, j'ai observé pendant plus de cinq années les variations journalières du niveau des eaux phréatiques superficielles et les variations du niveau piézométrique des eaux de la première nappe de 21 mètres, dans laquelle s'ouvrent plus d'un millier de puits.

» Les variations diurnes des eaux phréatiques ont un maximum de 1^m,50; celles des eaux profondes, de 15 centimètres; la correspondance horaire des diagrammes enregistrés a montré invariablement que le sens des variations est toujours de même nature, c'est-à-dire que l'exhaussement du niveau piézométrique des eaux profondes contenues dans une couche de gravier entre deux couches d'argile étanches monte ou descend avec la pluie locale, tandis qu'il ne se ressent pas des crues des fleuves qui alimentent la nappe aquifère quand ces crues sont dues à des pluies limitées au massif montagneux.

» Ne pouvant pas attribuer ces variations à la possibilité d'une communication entre les deux nappes, car le niveau piézométrique des eaux profondes est toujours très supérieur au niveau des eaux phréatiques, il ne reste, pour les expliquer, qu'à recourir à l'accroissement de pression dépendant de l'imbibition des couches superficielles. La déduction est théoriquement possible, M. Volterra ayant démontré qu'une couche de neige de 0^m,50 sur une aire circulaire de 100 kilomètres doit déterminer une pression de 6 millimètres; il est cependant nécessaire d'en démontrer la possibilité par une autre voie. »

M. Dupuit a établi, en 1861, des formules pour déterminer le débit des puits artésiens; soumises aux discussions les plus variées, elles n'ont reçu aucune modification substantielle. Comme il a tenu compte seulement du massif filtrant autour du forage, ses formules sont indépendantes de l'origine de l'eau. Cette particularité les rend inapplicables à la résolution de mon problème, mais elles m'ont permis de calculer le coefficient moyen d'éduction de diverses nappes, c'est-à-dire le débit moyen pour un rayon d'orifice déterminé, à 1 mètre de hauteur au-dessous du niveau piézométrique. Au moyen de ce nombre, j'ai pu calculer la vitesse dans le milieu filtrant au fond du puits et la chute de pression correspondante; connaissant la hauteur d'affleurement des nappes aquifères, la perte de chute représente les résistances dues à la filtration. L'observation constante a toujours conduit à des valeurs plus petites que celles qui étaient nécessaires pour élever l'eau à son niveau piézométrique. Une nouvelle charge devait se joindre à celle que l'eau possédait originairement, et cette charge ne pouvait dépendre que de la pression exercée par les couches superposées. Le calcul m'a démontré que ces hypothèses sont fondées.

De même, le fait bien connu des puits artésiens au bord de la mer, dont le débit croît et décroît avec la marée, dépendrait de l'accroissement de pression dans la région environnante.

Je réserve à une publication plus étendue tous les tableaux des nombres observés et la complète discussion de mes observations.

(Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXXXVII, n° 20, 16 décembre 1903, pp. 809-810.)

Dr L. LALOY. — Variations de niveau de la nappe d'eau souterraine.

M^{sr} Grégor Mendel a fait sur ce sujet des observations qui sont résumées et mises en œuvre par M. J. Liznar (1), et qui s'étendent de 1865 à 1880. Ces mesures ont été faites dans un puits de Brünn, profond de 6^m,70 et dont la colonne d'eau varie de 3 à 4 mètres. Elles avaient lieu tous les trois ou quatre jours et même journellement pendant les pluies ou au moment du dégel. M^{sr} Mendel mesurait la distance du niveau de l'eau au bord de la margelle du puits, de sorte que les chiffres élevés indiquent un niveau bas et réciproquement. Les moyennes mensuelles et annuelles ont été calculées.

Dans la région considérée, les précipitations atmosphériques présentent deux maxima, en juin et en août, et un maximum secondaire en novembre. Le minimum principal a lieu en janvier ou février; il y a un minimum secondaire en septembre ou octobre. Les variations de la nappe souterraine sont loin de suivre celles des précipitations atmosphériques. En effet, si celles-ci sont plus abondantes en été, l'évaporation et l'absorption par les végétaux jouent aussi un rôle plus marqué dans cette saison. En automne et au printemps, les eaux s'infiltrent, au contraire, plus aisément dans le sol. C'est pourquoi le niveau de la nappe souterraine s'abaisse en été. Il peut, d'ailleurs, en être tout différemment dans les régions où l'évaporation estivale est relativement faible. C'est ainsi qu'à Munich, d'après Soyka (2), les variations annuelles de la nappe souterraine suivent celles des précipitations.

La moyenne annuelle de la hauteur de la nappe souterraine est, comme il fallait s'y attendre, proportionnelle à la somme des précipitations pendant toute l'année.

Si, d'autre part, on fait la différence de la moyenne mensuelle la plus haute et de la plus basse, on obtient l'oscillation périodique annuelle de la nappe souterraine, et l'on constate que son amplitude est plus grande de 1865 à 1872, où les précipitations ont été relativement faibles, que de 1873 à 1880, années à précipitations abondantes. Pour la première période, l'amplitude de l'oscillation est de 0^m,782; elle est de 0^m,587 pour la seconde.

Le relèvement de la nappe souterraine en hiver ne dépend pas seulement de l'importance des précipitations atmosphériques, mais aussi de la façon dont l'eau pénètre dans le sol. La neige et les gelées ont la plus grande influence sur ce phénomène. C'est pourquoi, avec des précipitations équivalentes, on peut voir, dans deux années différentes, le niveau de la nappe monter vite ou lentement.

On doit louer M^{sr} Mendel d'avoir eu la patience de recueillir ces observations pendant une période aussi longue. Grâce aux chiffres et aux calculs de M. Liznar, elles nous font connaître quelques-unes des conditions qui régissent les variations de niveau de la nappe souterraine.

On se rend compte, sans qu'il soit nécessaire d'insister, de quelle importance est cet élément pour la climatologie, la flore et aussi pour l'hygiène.

(Extr. de *La Géographie*, VIII, n° 3, 1903, 15 septembre, pp. 163-164.)

(1) J. LIZNAR, *Ueber die Aenderungen des Grundwasserstandes nach den von Prälaten Gregor Mendel in den Jahren 1865-1880 in Brünn ausgeführten Messungen*, in *METEOROLOGISCHE ZEITSCHRIFT*, tome XIX, 1903, page 537.

(2) *Penck's geographische Abhandlungen*, tome II, fascicule 3, p. 33.

L'eau potable pour l'armée.

Conformément au vœu exprimé par le Sénat français, lors de l'interpellation relative à l'état sanitaire des troupes, le Ministre de la Guerre avait soumis à l'examen de l'Académie de médecine un certain nombre de questions relatives à l'alimentation des garnisons en eau potable.

L'Académie de médecine a fait parvenir au Ministre son rapport, rédigé par M. le médecin inspecteur Vallin, au nom d'une Commission composée de MM. Proust, L. Collin, Brouardel, Ernest Besnier, Magnan, Motet, Chantemesse, Josias, H. Monod, Roux et Vallin. Ce rapport comporte les conclusions suivantes :

1^o La première et la meilleure mesure prophylactique contre l'invasion des maladies dont le germe peut être véhiculé par l'eau est assurément de doter toutes les garnisons d'une eau de source pure et de bonne qualité, bien captée, bien protégée et bien surveillée, de façon à éviter toute chance de contamination, même passagère;]

2^o Quand ces conditions sont remplies, il devient inutile d'avoir recours à un moyen quelconque de stérilisation de l'eau, si ce n'est d'une façon temporaire en cas d'accident;

3^o Sans renoncer aux filtres, qui rendent de grands services quand ils sont bien entretenus et bien surveillés, il y a lieu de multiplier, à titre d'essai, l'emploi des stérilisateur par la chaleur, en prenant les plus grands soins pour restituer et conserver toute sa fraîcheur à l'eau stérilisée.

(*La Gazette*, 17 novembre 1903.)

L'école de la rue de Rollebeek, à Bruxelles.

Les travaux de construction de la nouvelle école de la rue de Rollebeek, qui viennent d'être repris, ont fait constater que le terrain sur lequel les fondations doivent être établies est de très mauvaise qualité.

Les fondations devront donc être construites à une plus grande profondeur, et ce contretemps aura pour effet d'occasionner une dépense supplémentaire de 20,000 à 30,000 francs (1).

(*Le Soir*, 22 octobre 1903.)

Fantaisies géologiques.

Vienne, 12 mai. — Une véritable révolution géologique est en train de s'opérer dans la région d'Orecje, en Croatie.

Des collines se sont subitement élevées là où il y avait autrefois des plaines. Une crevasse, longue de 1 kilomètre et large de 1 mètre, a vallonné le terrain plat. Des maisons et des forêts ont disparu et, à leur place, s'est formé un vaste marécage. Un canal en voie de construction a été comblé, et le sol, sur d'autres points, s'est abaissé de plusieurs mètres. La population est consternée.

(*La Gazette*, 13 mai 1903.)

(1) Sans commentaires, dans une ville où, depuis dix-sept ans, une Société de Géologie, secondée, plus tard, par un Service géologique d'État, s'efforce de faire comprendre l'utilité pratique des sondages et études de reconnaissances précédant l'établissement des fondations d'édifices quelque peu importants, surtout établis, comme dans ce cas-ci à flanc de coteau. (*Note du Secrétariat*.)

Une source d'eau minérale en Campine.

A Op-Grimby, petit village de 665 habitants, situé dans l'arrondissement de Tongres, entre Reckheim et Mechelen-sur-Meuse, le creusement d'un forage de plus de 500 mètres à la recherche du terrain houiller a fait découvrir récemment une source d'eau minérale émanant du terrain houiller. Après que furent démontés, très incomplètement d'ailleurs, les tubes du sondage, l'eau ascendante se fraya, à une douzaine de mètres sous le sol, un chemin dans les sables et graviers du terrain quaternaire et, grâce à une substructure imperméable, elle arrive au jour, mélangée malheureusement avec une proportion variable d'eau de surface. La source actuelle, à son émergence au sol, est trouble; elle a une odeur d'hydrogène sulfuré et un goût franchement salé. L'analyse, faite au laboratoire de l'Université de Liège par M. le docteur Schoofs, prouve qu'on est en présence d'une source chaude d'eau chlorurée renfermant 6 à 7 % de chlorure. Sa température, légèrement variable, sans doute suivant les mélanges avec les eaux de la surface, oscille entre 20° et 22° C. Comparée aux eaux de Niederbronn, Hombourg et Kreusnach, il a été établi que celle de Op-Grimby est plus riche en chlore que la Niederbronn, mais moins riche que les deux autres (1).

Un nouveau don de M. Solvay à l'Université de Bruxelles.

Les journaux annoncent que M. Ernest Solvay vient d'acquérir la bibliothèque du professeur A. Renard, récemment décédé, et en a fait don à l'Université libre de Bruxelles.

(1) Voir, pour plus amples détails : SYLVAIN VREVEN, pharmacien à Hasselt, *La composition et l'origine de l'eau minérale d'Op-Grimby*. (ANN. DE PHARMACIE du Dr F. Ranzen, Louvain, décembre 1903.)



SÉANCE MENSUELLE DU 15 DÉCEMBRE 1903.

Présidence de M. X. Stainier, président.

La séance est ouverte à 8 h. 55.

En ouvrant la séance, M. le *Président* excuse l'absence de M. Van den Broeck, Secrétaire général, causée par son récent mariage. Il exprime l'avis que, vu les nombreux liens qui rattachent la Société à M. *Van den Broeck*, il y aurait lieu d'adresser à celui-ci les félicitations de l'assemblée, ainsi que ses meilleurs vœux de bonheur et de prospérité. (*Applaudissements.*)

L'assemblée est unanime à se rallier à cette motion et il est décidé d'adresser une lettre de félicitations à M. *Van den Broeck*, le très dévoué et sympathique Secrétaire général de la Société.

M. le *Président* s'associe ensuite au deuil qui atteint la nation anglaise, par la mort de l'illustre philosophe évolutionniste *Herbert Spencer*; celui-ci fut, en effet, le premier, avant *Darwin*, qui émit l'hypothèse de l'évolution, idée maîtresse de sa philosophie, inspiratrice de toute son œuvre, si considérable cependant!

Sur la proposition de M. *Kemna*, une lettre de condoléances sera adressée à la famille.

Correspondance :

M. le *Secrétaire adjoint* donne ensuite lecture de la lettre suivante de M. *Van den Broeck* :

MON CHER PRÉSIDENT.

Je vous prie de bien vouloir excuser mon absence à la séance d'aujourd'hui, due au fait que, venant de me marier, je resterai pour quelque

temps absent du pays et serai forcé d'abandonner complètement pour une couple de mois les travaux de la Société.

Il est à craindre pour celle-ci que, vu le changement de conditions de mon existence et les nouveaux devoirs qui m'incombent, je ne pourrai plus, dans l'avenir, lui consacrer tout le temps ni toute l'activité que j'ai mis jusqu'à présent à sa disposition et cela depuis dix-sept ans, sans aucune interruption.

Comme il est désirable que la Société belge de Géologie ne se ressente pas trop de ce nouvel état de choses, je profite de la circonstance pour faire un chaleureux appel à celui ou à ceux de mes collègues avec lesquels il sera indispensable à l'avenir de partager d'une manière continue et sérieuse les charges et les devoirs du Secrétariat.

Je vous prie donc, mon cher Président, de faire un appel à nos collègues, afin que, à partir de 1904, je trouve parmi eux, à mes côtés, l'aide dévouée et efficace dont, plus que jamais, le Secrétariat aura besoin.

Les fonctions du Secrétaire scientifique collaborateur du Secrétariat général ont été jusqu'ici, il faut bien le dire, une véritable sinécure, de par le fait, qui m'est tout personnel d'ailleurs, que j'ai tenu à assumer moi-même toutes les charges, tout le labeur, plus absorbants qu'on pourrait le penser.

Mais cela ne me sera plus possible à l'avenir; il est donc indispensable qu'en vue des élections de l'assemblée générale prochaine, le secrétaire scientifique qui, avec le concours du secrétaire adjoint M. Bolline, sera appelé à m'aider, puisse prendre sérieusement en mains une part de la direction des absorbants travaux du Secrétariat.

C'est un devoir pour moi que de signaler dès aujourd'hui, dans l'intérêt de la Société, l'impérieuse nécessité de faire face à ce nouvel état de choses et j'ose espérer, mon cher Président, que l'appel que vous pourrez faire à l'occasion de cette lettre, trouvera parmi nos collègues un sympathique accueil.

ERNEST VAN DEN BROECK.

(Renvoi au Conseil.)

M. le *Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique* fait appel aux Sociétés scientifiques du pays pour lui fournir, en vue de l'Exposition de Saint-Louis, des renseignements sur leur organisation, leur but, leurs travaux, leurs études, etc. *(Renvoi au Bureau.)*

M. *Le Couppey de la Forest* a fait parvenir une note exposant quelques considérations complémentaires sur la circulation souterraine des eaux étudiée à l'aide de la fluorescéine, note dont l'impression aux *Mémoires* est ordonnée.

De même, M. le capitaine *Mathieu* demande à pouvoir exposer le résultat, non annoncé dans l'ordre du jour, de ses recherches sur la roche feldspathique de Grand-Coo. (*Voir aux communications.*)

M. *Isaac-Isaac*, directeur gérant de la *Compagnie de Charbonnages belges à Frameries*, a adressé à la Société, au nom de cette compagnie, une somme de 500 francs à titre de participation dans les frais d'installation et d'entretien des appareils de la Société, installés à sa station géophysique de l'Agrappe. (*Remerciements.*)

Le *Comité belge des expositions à l'étranger* demande l'adhésion de la Société et la collaboration de celle-ci par l'allocation d'un subside une fois donné. (*Renvoi au Conseil.*)

La *Fédération archéologique et historique de Belgique* annonce qu'elle tiendra à Mons sa session de 1904 et elle invite les membres de la Société à faire parvenir le texte des questions qu'ils sont désireux de voir figurer au programme.

M. *Arctowski* signale que son travail sur les *Glaces antarctiques*, dont le grand développement n'avait pas permis l'insertion dans le *Bulletin*, a été publié en allemand à Gotha, dans les *Petermann's Mittheilungen*.

La *Société belge d'astronomie* a envoyé la lettre et la notice ci-après relatives à la publication, par le savant géographe M. *Élisée Reclus*, d'un *ATLAS DES VOLCANS DU GLOBE* :

MONSIEUR ET CHER COLLÈGUE,

La vitalité scientifique de notre Société semble due, pour la plus grande part, au soin qu'elle a toujours apporté dans le choix de ses activités.

Il lui paraît que c'est dans le domaine collectif qu'une association comme la nôtre peut rendre les plus grands services à la science dont elle dépend, soit en organisant, grâce au grand nombre de ses membres, des observations simultanées, soit en entreprenant des œuvres difficiles au simple particulier.

Nous citerons dans ce dernier ordre d'idées la reproduction de l'Atlas lunaire de MM. Loewy et Puiseux, dont le succès auprès de nos membres a dépassé toutes nos prévisions.

Nous avons l'occasion aujourd'hui, grâce au concours d'un savant

apprécié du monde entier, de mener à bien une œuvre scientifique de grande utilité et désirée par tous ceux qui s'occupent des sciences du globe.

M. Élisée Reclus veut bien dresser gracieusement pour nous un *Atlas des volcans*, accompagné d'une notice et de tables descriptives détaillées.

Cette œuvre, digne de ce grand géographe, comprendra une carte générale en couleurs à l'échelle du 40 000 000^e, dix cartes partielles en couleurs à l'échelle du 2 000 000^e, enfin de nombreuses cartes en noir à échelles diverses distribuées dans les notices, pour servir avec plus de détails à l'étude des volcans que leur importance historique ou physique désigne plus particulièrement à l'attention.

La notice et les tables comprendront au moins 300 pages grand in-8°.

Ce vaste programme n'est pas de nature à nous effrayer, car nous disposons dans tous les pays du globe des correspondants nécessaires pour assurer l'authenticité des renseignements dont nous ferons usage, et M. Reclus peut compter sur une collaboration unanime.

Mais, au point de vue financier, la Société ne peut disposer des capitaux nécessaires pour entamer ce travail typographique important, et bien que le succès soit assuré d'avance, elle devrait renoncer à le commencer si elle ne trouvait parmi ses membres l'appui dont elle a besoin.

Nous venons donc, Monsieur et cher Collègue, vous demander de vouloir bien témoigner votre approbation à la résolution prise par le Conseil d'accepter l'offre de M. Reclus, en souscrivant pour la constitution du capital nécessaire.

Il est inutile d'ajouter que la gestion du fonds ainsi constitué sera assurée de la manière la meilleure pour la réussite de l'œuvre et que nous ferons à nos souscripteurs tous les avantages possibles.

Dès maintenant, nous pouvons leur allouer, pour chaque part de cent francs, deux exemplaires de l'Atlas, numérotés, sur papier spécial (1).

Nous avons cru bon, Monsieur et cher Collègue, de joindre à la présente la note que M. Reclus avait adressée au Conseil de la Société et qui l'a décidé à patronner l'œuvre proposée. Nous ne doutons pas que l'éloquent appel du vénéré savant, dont la vie a été consacrée tout entière à la science géographique, ne vous détermine à nous aider dans l'accomplissement de sa belle idée.

Nous attendons donc avec confiance votre détermination, et pensant bien qu'elle sera favorable, nous vous remercions d'avance et vous prions d'agréer nos cordiales salutations.

Pour le Conseil général :

Le Président,

FERNAND JACOBS.

(1) Chaque souscripteur d'au moins 25 francs aura droit à un exemplaire ordinaire. Tout souscripteur d'au moins 50 francs recevra un exemplaire sur papier fort.

Proposition de dresser une carte authentique des volcans (1)

Dans l'histoire du monde, les phénomènes éruptifs eurent de tout temps une importance tragique. A des époques non périodiques, ou dont le rythme nous est inconnu, de grands désastres nous avertissent de la dépendance absolue dans laquelle l'homme se trouve relativement à la Terre d'où il est sorti. Ici nous nous rappelons tous avec émotion l'événement terrible qui, récemment, fit disparaître en quelques secondes une ville de trente mille habitants. Le 8 mai 1902, au matin, la charmante cité de Saint-Pierre était la plus grande, la plus riche et la plus belle de la Martinique, cette île admirable qui nous apparaît dans les eaux tropicales comme l'une des « perles » du merveilleux collier des Antilles. La foule se pressait dans les rues; les navires à l'ancre peuplaient la rade; mais à l'horizon du nord la montagne Pelée vomissait de grosses volutes d'un rouge sombre; des amas de vapeurs mêlées de feu recouvraient toute une moitié du ciel. Soudain les matelots qui voguaient au large virent le nuage immense se replier sur la ville et, quand la masse de vapeurs fuligineuses se déchira, Saint-Pierre n'existait plus; tours et maisons, quais et navires, hommes et animaux, tout avait disparu; des ruines blanchies par les acides, des cadavres ouverts par l'explosion, voilà ce qui restait dans la plaine brûlée. D'une flammèche égarée, le monstre avait effacé du sol l'élégante cité.

A l'ouïe de ce désastre, l'émotion fut universelle et profonde. Par un sentiment de sympathie aussi bien que sous le coup d'une véritable terreur, on se tourna de toutes parts vers les savants pour les interroger, leur demander l'explication de l'effroyable drame qui venait de s'accomplir et menaçait de se renouveler sur d'autres points de l'île. Ailleurs, dans le continent américain, dans les archipels du Pacifique, d'autres éruptions avaient eu lieu; d'autres villes étaient recouvertes de laves ou de cendres; d'autres milliers d'habitants périssaient étouffés, écrasés ou engloutis. De cent points de la Terre on annonçait que le sol avait frémi sous les pas des hommes épouvantés.

Certes, les savants auxquels on s'adressait avec tant d'anxiété ne sont point restés sans répondre. Ils ont exposé, avec l'autorité de leur savoir, l'état des connaissances précises, ainsi que toutes les théories et les hypothèses actuelles relatives au problème des volcans, et pour accomplir cette mission d'enseignement ils ont eu recours non seulement à leurs recueils spéciaux, mais aussi, grâce à la propagande presque immédiate de la Presse, aux cent mille journaux qui se publient de par le monde. Bien

(1) Proposition présentée par l'auteur et adoptée dans la séance mensuelle du 9 décembre 1903 de la Société belge d'Astronomie.

plus, de nombreux explorateurs, géologues, physiciens, chimistes, se sont dirigés en hâte vers les endroits périlleux : cratères en ébullition, coulées de lave, fumerolles de gaz méphitiques, afin d'étudier, au péril de leur vie, tous les détails des phénomènes qui se produisent pendant le cours des éruptions. Poursuivant la recherche du vrai avec l'impassible sérénité qui convient aux hommes de science, ils ont tout risqué pour augmenter d'observations nouvelles et de faits indiscutables l'avoir des connaissances dues à leurs devanciers.

Nous devons leur en exprimer toute notre gratitude, mais plus encore nous devons les aider dans toute la mesure de nos forces. C'est là ce qui fait l'objet de la proposition adressée par nous à la Société belge d'Astronomie. Dans le cours des séances de la Commission d'études géophysiques, due à l'initiative de nos collègues, MM. Ern. Van den Broeck et Eugène Lagrange, il a été constaté qu'il nous manque un très précieux instrument d'étude, c'est-à-dire une carte géographique indiquant tous les terrains volcaniques de la surface terrestre, ainsi que toutes les bouches d'éruption, éteintes ou actives. Sans l'aide de ce document, qui doit être naturellement complété par des cartes spéciales et un répertoire détaillé, il est impossible aux chercheurs d'appuyer solidement leurs théories sur la répartition des foyers volcaniques dans l'espace et dans le temps, d'en établir l'histoire avec sécurité, de risquer des essais de prévision sur la formation et le cheminement des laves et de relier les phénomènes volcaniques à ceux que présentent le magnétisme terrestre et les variations météorologiques. Sans la possession de cette carte authentique, une part très importante de la vie du globe reste enveloppée d'incertitude. Nous espérons qu'il nous sera peut-être facile, grâce à vous, de dissiper toutes ces obscurités.

Ce n'est pas que nous voulions diminuer la valeur des tentatives qui ont été faites autrefois pour l'établissement de cartes des volcans. Ces essais furent des plus méritoires et quelques-uns d'entre eux marquèrent un sérieux progrès dans la marche des sciences. Évidemment, des cartes dressées par des hommes tels que Humboldt, Perrey, Berghaus, auront toujours une grande valeur dans l'histoire des recherches scientifiques; mais les ressources actuelles dues à la collectivité des efforts dans tous les centres d'études du monde entier nous permettent de faire maintenant des œuvres d'une précision de beaucoup supérieure. Des groupes de savants se sont constitués dans tous les centres civilisés du monde et notamment dans les régions fréquemment dévastées par les éruptions volcaniques. Grâce à la facilité des correspondances et des communications, il est devenu possible de contrôler les récits qui paraissent dans les journaux des diverses contrées et d'arriver ainsi à une connaissance précise des mouvements qui se sont produits à la surface du globe. Notre labeur individuel s'appuiera sur le concours collectif de tous les hommes

qui, dans tous les pays, collaborent maintenant à l'investigation de la planète.

Le travail que nous proposons à la Société belge d'Astronomie de prendre sous son haut patronage, en nous en confiant l'exécution, aurait pour but de signaler en premier lieu toutes les parties de la superficie terrestre formées de roches éruptives, puis d'indiquer tous les événements de la Terre par lesquels se sont échappées des matières fondues, des scories, des cendres, des vapeurs et des masses gazeuses. Les volcans considérés comme éteints depuis la période préhistorique seraient marqués par un signe distinctif, de même les volcans ayant eu pendant la courte durée de l'histoire humaine une période d'activité bien établie par les témoignages des contemporains, enfin tous les volcans ayant eu des éruptions récentes et portant leur date de fonctionnement, pour ainsi dire, leur état civil constaté en toute certitude. Le répertoire comprendrait en ordre double, alphabétique et géographique, le résumé des phénomènes présentés par chaque volcan, considéré comme individu.

Cette œuvre sérieuse, à laquelle nous serions heureux de consacrer notre labeur persévérant, prendrait une importance exceptionnelle dans l'appui que votre Société voudrait bien lui fournir et deviendrait, nous en avons confiance, le point de départ de nouvelles et fructueuses recherches. L'utilité future nous en paraît certaine et nous faisons des vœux pour que, dans l'histoire de la science, vous puissiez en revendiquer l'honneur.

M. E. Lagrange attire l'attention de l'assemblée sur l'œuvre de M. *Élisée Reclus*, œuvre essentiellement nouvelle et qu'il est de l'intérêt de la science belge de voir réaliser. Aucune carte détaillée des volcans n'a été dressée jusqu'ici; il y a là une grande lacune à combler, chose que seul un savant tel que M. *Élisée Reclus* pouvait entreprendre.

Il exprime donc l'espoir que la proposition de la Société belge d'Astronomie, qu'il se permet de soutenir, sera accueillie avec la plus grande bienveillance.

L'assemblée décide de renvoyer cette proposition au Conseil pour examen en ce qui concerne la part d'intervention de la Société dans la souscription organisée.

M. E. Lagrange pose ensuite la question de principe tendant à obtenir l'appui de la *Société belge de Géologie* en vue de l'organisation d'une section des sciences à l'Exposition de Liège.

Il rappelle, à cette occasion, le rôle joué par la Société à l'Exposition de Bruxelles en 1897 et cette situation le porte à croire que ses membres voudront bien l'aider, le cas échéant, dans la réédition d'une

œuvre due notamment à MM. *van Overloop* et *Van den Broeck*. Il fait du reste appel à la Science qui, en cette circonstance, sera représentée dans ses divers ordres.

La région où l'exposition aura lieu semble offrir un intérêt tout particulier au point de vue géologique et anthropologique. C'est là, en effet, que *Schmerling* a retiré les premiers ossements humains, montrant qu'il y a un monde disparu à reconstituer.

Il ajoute qu'un projet a été présenté pour une exposition d'anthropologie et de folklore. Toutes ces questions scientifiques se tiennent, dit-il, et l'ensemble du groupement consacré à la Science présentera certainement un intérêt très considérable.

Il croit devoir dire qu'il n'y a encore que des projets en instance, rien n'est fait encore, et que c'est seulement sur la question de principe du concours éventuel de la Société à la réédition de l'œuvre de 1897, qu'il sollicite le concours de ses collègues de la Géologie.

Il résulte, enfin, d'un échange de vues entre MM. *Stainier*, *Kemna* et *Lagrange* que le rôle joué en 1897 par la Société belge de Géologie l'oblige moralement à reprendre une place active à Liège, le cas échéant; mais il est entendu que la prépondérance d'action et d'organisation doit être laissée à la Société géologique de Liège, mieux à même, par le fait de sa situation, de prendre la direction du mouvement que nécessiteront les participations demandées à nos Sociétés savantes.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

4254. ... *Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris. Travaux de l'année 1902 sur les eaux d'alimentation et les eaux d'égouts de la ville de Paris*. Paris, 1903. Volume in-4° de 420 pages et 15 cartes.
4255. *Choffat, P. L'Infralias et le Sinémurien du Portugal*. Lisbonne, 1903. Extrait in-8° de 66 pages et 1 planche.
— *Découverte du « Terebratula Renierii Cat. » en Portugal*. Lisbonne, 1903. Extrait in-8° de 3 pages.
4256. *Lotti, B. Il Casentino è una Valle d'anticlinale?* Rome, 1903. Extrait in-8° de 4 pages.
4257. *Lotti, B. I terreni secondari nei dintorni di Narni e di Terni. (Relazione sul la campagna geologica del 1902.)* Rome, 1903. Extrait in-8° de 32 pages et 1 planche.

4258. **von Mojsisovics, Ed.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XIX. Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1902 im Beobachtungsgebiete eingetretenen Erdbeben.* Vienne, 1903. Extrait in-8° de 161 pages et 4 planches.
4259. **von Mojsisovics, Ed.** *Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Salzkammergutes.* Vienne, 1902 (?). Extrait in-8° de 8 pages.
4260. **Sacco, F.** *La Frana di Sant'Antonio in Territorio di Cherasco. Considerazioni di geologia applicata.* Turin, 1903. Extrait in-8° de 8 pages.
4261. **Sacco, F.** *Il problema dell'acqua potabile di Mondovì in rapporto colla geologia.* Gênes, 1903. Extrait in-8° de 6 pages.
4262. **Sacco, F.** *Considerazioni geologiche sopra un progetto di bacino artificiale per irrigazione.* Turin, 1903. Extrait in-8° de 12 pages.
4263. **Sacco, F.** *Osservazioni di geologia applicata sopra la progettata linea ferroviaria di Torino-Cartosio-Savona.* Gênes, 1903. Extrait in-8° de 17 pages.
4264. **Sacco, F.** *Programma del corso di geologia svolto nella R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino.* Gênes, 1903. Extrait in-8° de 4 pages.
4265. **Sacco, F.** *Rilievo geologico-tettonico-orogénico delle Alpi Apuane, 1903.* Turin, 1903. Extrait in-8° de 2 pages et 4 figures.
4266. **Schwab, P. Fr.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XXI. Bericht über die Erdbeben Beobachtungen in Kremsmünster im Jahre 1902.* Vienne, 1903. Extrait in-8° de 23 pages.

2° Extraits des publications de la Société :

4267. **Kemna, Ad.** *Les récentes découvertes de poissons fossiles primitifs.* Mémoires de 1903, 44 pages et 18 figures. (2 exemplaires.)
4268. **Lorié, J.** *L'unité proposée de la période glaciaire.* (Traduction du baron O. van Ertborn, revue par l'auteur.) Mémoires de 1903, 22 pages. (2 exemplaires.)

3° Périodiques nouveaux :

4269. **BRUXELLES.** *Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand.* Annales, I, 1902.
4270. **BRUXELLES.** *Index de la Presse technique.* 1903, volume I, n°s 1 à 6, et volume II, n°s 1 et 2.
4271. **MELBOURNE.** *Geological Survey of Victoria.* Bulletins, 1903, n°s 1 à 8.

Présentation et élection de nouveaux membres :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membres associés régnicoles :

MM. JANSSENS, EUGÈNE, candidat en sciences, à Saventhem.

LECOINTE, G., directeur scientifique du service astronomique de l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle.

Communications des membres :

M. E. Harzé, aidé de dessins en couleurs, fait une communication dont, après audition, ci-dessous résumée, l'assemblée décide l'impression aux *Mémoires*.

M. É. HARZÉ. — Une grotte dans le calcaire carbonifère à plus de 200 mètres de profondeur.

La communication faite par M. Harzé est relative à une particularité qu'il a observée en 1871, lors d'une descente à la mine métallique d'Engis. C'est l'existence dans le Calcaire carbonifère, lequel se présente, avec le Houiller, en dressant renversé, d'une énorme excavation naturelle ou grotte, tout contre un amas métallifère. Celui-ci, composé de zinc, de plomb et de fer, à l'état d'hydrates et de carbonates à la partie supérieure et de sulfures en profondeur, se trouve au contact du Houiller.

Ladite excavation fut rencontrée à l'étage de 205 mètres; elle se prolonge en *boyau*, d'une part jusqu'au niveau de 225 mètres, et d'autre part de manière à atteindre un développement total de près de 25 mètres suivant la pente générale des strates (environ 55°).

Parmi les problèmes que soulève la curieuse particularité ci-dessus, se présente le suivant : Si l'excavation est contemporaine du gîte, comment a-t-elle échappé au remplissage métallifère?

La présence de cette excavation dans le Calcaire carbonifère fait naître aussi un rapprochement de faits, mais dans un autre ordre d'idées.

En replaçant le terrain houiller d'Engis et son Calcaire carbonifère dans la position du dépôt de toute la formation, l'excavation devient sous-jacente au Houiller et en supposant à celle-ci la même amplitude

en largeur qu'en longueur, on se trouve en présence d'une de ces cavités par l'affaissement desquelles on a cherché à expliquer la formation des *puits naturels* dans le Houiller, ainsi que la descente du Wealdien et de ses Iguanodons dans un milieu de roches houillères.

M. *Stainier* tient à souligner quelques-unes des paroles de M. *Harzé* pour exprimer le regret que les personnes qui, tout en ne faisant pas de la Géologie leurs préoccupations habituelles, ont fait des observations intéressantes, ne les confient pas plus souvent aux Sociétés géologiques. Il signale que dans d'autres pays, en Angleterre notamment, on voit les publications de Sociétés locales remplies de notes publiées par des gens qui ont simplement décrit les choses qu'ils ont vues ; c'est ce qui fait que le sol anglais est si bien connu. Il ne faut pas en l'occurrence, dit M. *Stainier*, être géologue, mais simplement avoir vu et bien vu. Il exprime donc l'espoir que l'on agisse de même en Belgique, ce qui permettrait peut-être de résoudre nombre d'hypothèses géologiques réclamant encore le contrôle des faits.

L'assemblée décide ensuite l'impression aux *Mémoires* d'une note de MM. *Fournier* et *Magnin* dont une épreuve préalable a été envoyée en temps utile aux membres que la chose concerne spécialement. Titre : *Essai sur la circulation des eaux souterraines dans les massifs calcaires du Jura*.

M. *E. Putzeys* donne lecture de la note suivante :

A propos des conditions que doivent remplir les eaux issues de terrains calcaires, par E. PUTZEYS, ingénieur en chef des Travaux publics et du Service des eaux de la ville de Bruxelles.

Réflexions suggérées par la note de M. E. VAN DEN BROECK (1)

J'admets avec M. Van den Broeck qu'il est désirable qu'une surveillance continue de toutes les distributions d'eau soit organisée, mais je regrette qu'à l'occasion d'une question spéciale, il se soit laissé entraîner à une généralisation mal fondée.

(1) Cette note, exposant les conclusions du Rapport de M. Van den Broeck au Congrès d'Hygiène de Bruxelles (1903) en sa qualité de délégué pour la Belgique, paraîtra ultérieurement avec le résumé des travaux « d'hydrologie » du Congrès. (Note du Secrétariat.)

La question proposée aux délibérations de la troisième section du Congrès d'Hygiène était la suivante :

Établir, au point de vue de l'hygiène, les conditions que doivent remplir les eaux issues de terrains calcaires.

M. Van den Broeck nous dit dans ses conclusions :

« En présence des lourdes responsabilités qu'implique l'action néfaste, sur la santé publique, de l'utilisation d'eaux alimentaires de sécurité douteuse ou variable, on peut se demander si l'action directe de l'État ou de la province, représentée par un service technique spécial, essentiellement géologique dans certains de ses éléments, ne serait pas un objectif des plus hautement désirables. Un tel service d'intérêt public, absolument indépendant de toute société ou administration de travaux d'eau, et qui serait chargé aussi bien de fournir des éclaircissements pendant la phase d'étude préalable des projets que d'organiser la surveillance ultérieure continue de toute distribution d'eau, — qu'elles émanent du calcaire fissuré ou des sables filtrants, — pourrait rendre les services les plus signalés et prévenir soit de regrettables fausses recherches ou de lamentables et coûteux échecs en matière d'entreprises d'eaux alimentaires, soit de graves atteintes à la santé des populations desservies. »

Parvenues au dernier moment, par suite d'une circonstance indépendante de sa volonté, les conclusions du savant rapporteur ne pouvaient plus être discutées, et c'est là chose fort regrettable, car il s'agissait d'une question du plus haut intérêt.

Pour discuter, il eût fallu avoir le texte sous les yeux.

Rien de plus exact que ce que nous dit M. Van den Broeck ; mais il nous permettra de lui faire observer que réunir dans une même phrase les mots : calcaires fissurés et sables filtrants, c'est créer une confusion qui peut plaire aux partisans des sources des calcaires, mais qui est en opposition avec ce que nous apprend l'expérience de chaque jour, appuyée par des résultats indiscutables.

Les meilleurs mariages sont, suivant certains, ceux qui se font entre personnes de caractères opposés ; mais ici il ne s'agit pas de mariage ; j'incline plutôt vers le divorce.

Rien de plus différent, au point de vue de la nécessité d'une surveillance continue, ultérieure à la création d'une distribution d'eau, que le calcaire et les sables filtrants.

Lors de la discussion qui a eu lieu au Congrès d'Hygiène, nous avons malheureusement entendu, à côté d'arguments scientifiques de réelle valeur, des arguments de sentiment et, si je puis dire toute ma pensée, de nombreuses redites capables peut-être d'impressionner le gros

public, mais détonnant singulièrement dans le milieu où elles étaient développées.

Un ordre de travaux considérable devait, de plus, provoquer des conclusions hâtives qui, pour être vraies dans leur ensemble, laissaient dans l'oubli les données primordiales de la question.

Cela est tellement vrai que lorsque je formulai cet énoncé scientifiquement exact, que les eaux prélevées à quelques mètres de profondeur dans les terrains sablonneux, ne comportant pas à proximité immédiate du lieu de prise une cause de contamination profonde, sont nécessairement stériles, tandis que l'eau prélevée dans la roche calcaire peut être contaminée à grande distance, j'entendis quelques protestations.

Ainsi se faisait jour, spontanément, la preuve que l'un des premiers éléments d'appréciation appelés à servir de base à une discussion, d'où devait surgir une conclusion sur la gravité de laquelle je n'ai pas à m'appesantir, faisait défaut.

Tel est le motif qui m'engage à rouvrir la discussion et à protester amicalement contre l'énoncé de notre savant Secrétaire général.

Je renouvellerai donc ici cette affirmation scientifiquement appuyée par l'expérience journalière, que lorsqu'il s'agit de captages d'eaux élaborées dans les sables et protégées par un manteau de même nature de quelques mètres d'épaisseur, — 3 à 4 mètres suffisent, — l'analyse chimique est suffisante pour fixer la valeur de l'eau, lorsque, bien entendu, l'exploration géologique permet d'affirmer l'homogénéité de composition du sol.

Dans ces circonstances, l'examen bactériologique de l'eau devient une superfétation.

Que pour se donner une satisfaction morale complémentaire, ou encore que par déférence pour l'opinion du public, qui est généralement très ignorant de la façon dont s'accomplit l'élaboration de l'eau dans le sous-sol, on procède, dans des cas de l'espèce, à l'examen bactériologique de l'eau, soit. Dans un rapport destiné à la publicité, il est souvent bon de donner la démonstration de faits évidents par eux-mêmes ; mais, dans les réunions scientifiques, il est non moins utile, lorsqu'une question est mise à l'étude, que les éléments primordiaux de saine appréciation capables d'éclairer la discussion lui servent de point de départ.

De cette précieuse propriété des sols sableux, qu'au cours de ces dernières années j'ai eu l'occasion, à de nombreuses reprises, de constater par moi-même, il suit que, pour de tels terrains, les zones de

protection naturelle des eaux livrées à l'alimentation peuvent être extrêmement réduites. C'est cette idée que j'ai déjà tenté de faire prévaloir au Congrès d'Hygiène de Paris en 1900. Sans grand succès, je dois le reconnaître, puisqu'en 1903 une déclaration analogue était accueillie par certains avec un scepticisme non déguisé, et puisqu'une confusion regrettable attribuait à la surveillance des bassins sourciers des terrains sableux la même importance qu'à la surveillance des bassins sourciers des terrains calcaires.

C'est confondre le tout et la partie.

Que l'on ne doive pas abandonner sans aucune surveillance les abords immédiats d'une prise d'eau, qu'elle soit établie en terrain sableux ou en terrain calcaire, c'est là une proposition élémentaire d'un caractère enfantin.

Mais que l'on en déduise que les mêmes précautions doivent entourer les eaux alimentaires dans ces deux cas opposés, c'est une hérésie.

Je viens de dire que l'eau prélevée dans les terrains sableux, dans une zone de protection peu étendue, est nécessairement stérile quand, entre la nappe aquifère et la surface du sol, on trouve un manteau protecteur de quelques mètres.

Il n'en est pas de même dans les régions calcaires.

Dans les terrains calcaires, alors même que la zone de protection immédiate de la source est efficacement et en tout temps mise à l'abri de toute cause de pollution, du jour au lendemain cette source peut être profondément et peut-être irrémédiablement contaminée par des causes éloignées ; *ce qui ne peut arriver en terrains sableux.*

Ce qui différencie d'une façon radicale les deux types, c'est que pour le premier, — terrains sableux, — on peut aisément et à peu de frais réaliser *des zones de protection naturelle efficaces*, tandis que pour le second, — terrains calcaires, — *la zone de protection naturelle, pour répondre, dans les mêmes conditions, au même résultat, devrait comprendre non seulement le bassin calcaire tout entier, mais encore la partie du bassin hydrographique capable d'y amener des eaux de ruissellement.*

Les zones de protection des sources et prises d'eau pratiquées dans les terrains sableux étant supposées bien déterminées par le géologue, établies et conservées par l'administration intéressée, j'avoue ne pas saisir l'utilité que pourrait avoir l'intervention nouvelle des géologues pour leur surveillance, tandis qu'au contraire cette surveillance, en s'imposant incessante pour les régions calcaires (je parle pour la Belgique, pays fort habité), laissera, dans bien des cas, suspendue

comme une menace permanente, la terrible éventualité d'une contamination toujours possible.

En m'exprimant ainsi, mon intention n'est pas de dire que deux organismes sont nécessaires, l'un pour la recherche et la surveillance des eaux dans les terrains à mailles fines, l'autre pour les terrains calcaires; estimons-nous heureux si l'avenir voit s'accomplir le vœu de M. Van den Broeck et ne compliquons pas la question.

Mais il m'a paru utile, Messieurs, de rétablir les faits sous leur vrai jour pour éviter que la tournure de phrase, assez malheureuse à mon sens, de la dernière conclusion de M. Van den Broeck conduise les partisans des eaux des calcaires à les mettre, comme sécurité, sur un pied d'égalité avec les eaux des terrains à mailles fines, ce qui est loin de la pensée du savant rapporteur, j'en ai la conviction.

M. le *Président* donne lecture d'un post-scriptum, qu'a joint à sa lettre, lue tantôt, M. *Van den Broeck*, absent du pays, et dans lequel il annonce qu'après avoir, avant son départ, pris connaissance du manuscrit de la note qui vient d'être envoyée par M. Putzeys, il s'inscrit pour y faire ultérieurement quelques mots de réponse rencontrant les critiques de M. Putzeys et mettant les choses mieux au point que dans la note de son excellent collègue et ami. Comme le pense ce dernier d'ailleurs, *il n'est jamais entré dans la pensée de M. Van den Broeck de mettre les eaux de calcaire sur un pied d'égalité, comme SÉCURITÉ, avec les eaux des terrains meubles et il ne peut que regretter toute tournure de phrase de son exposé qui pourrait, à d'aucuns, faire croire le contraire.*

E. MATHIEU. — Le kératophyre de Grand-Coo.

Après avoir rappelé en quelques mots les conditions de gisement et la description macroscopique de la roche, l'auteur passe à la détermination de la composition chimique, d'où il déduit quelques conclusions au sujet de la constitution de la roche; puis il donne en détail les recherches micrographiques qu'il a faites, et qui l'amènent à admettre que la roche en question appartient aux kératophyres. (Voir *Mémoires*.)

L'assemblée décide la publication aux *Mémoires* du travail envoyé par M. LE COUPPEY DE LA FOREST sous le titre : *Quelques considérations complémentaires sur la propagation souterraine de la fluorescéine et sur l'emploi pratique de ce colorant.*

Le temps manquant pour la discussion des diverses matières faisant l'objet de l'étude de M. Le Couppey de la Forest, déjà longuement traitées dans les séances précédentes, il est décidé que l'on ne reviendra plus actuellement sur cette étude spéciale, qui risque, par son développement inattendu, de retarder la marche des autres travaux de la Société.

Le fascicule de la « Fluorescéine », que compte publier la Société, englobera, avec toutes les communications faites à ce sujet dans nos séances et publiées aux *Procès-Verbaux*, les travaux de même nature insérés aux *Mémoires* et il sera clôturé par un *Exposé synthétique* fourni par le Comité spécial qui est chargé de résumer la discussion, et dont le rapport ci-après est déposé par MM. Rabozée et Rahir, au nom de ce Comité.

RÉSUMÉ SYNTHÉTIQUE

DE LA

DISCUSSION RELATIVE A L'EMPLOI DE LA FLUORESCÉINE

POUR

L'ÉTUDE DE LA VITESSE DES EAUX COURANTES SOUTERRAINES ET A L'AIR LIBRE

PAR

H. RABOZÉE et Ed. RAHIR

RAPPORT PRÉSENTÉ AU NOM DU COMITÉ SPÉCIAL DE LA FLUORESCÉINE

A la suite de la discussion approfondie, soulevée aux dernières séances de la Société belge de Géologie, relativement à l'emploi de la fluorescéine spécialement pour l'étude des courants souterrains, un Comité composé de MM. Ad. Kemna, E.-A. Martel, E. Putzeys, H. Rabozée, Ed. Rahir et E. Van den Broeck a été chargé de présenter un **Résumé** synthétique destiné à mettre en lumière les résultats obtenus à la suite de cette discussion.

Ce Comité a désigné MM. Rabozée et Rahir comme rapporteurs et les a chargés de présenter en son nom le rapport suivant, préalablement soumis à son approbation.

L'un des problèmes les plus importants à résoudre lorsqu'on fait l'étude d'une source destinée à l'alimentation, consiste à rechercher

l'origine de l'eau qu'elle fournit, le chemin suivi par cette eau depuis le point d'absorption jusqu'au point d'émergence, le temps qu'elle met à effectuer ce trajet, les relations permanentes ou accidentelles avec les conduits souterrains voisins.

L'emploi des matières colorantes est généralement considéré comme le meilleur mode d'investigation, et les expériences de coloration, par la fluorescéine notamment, sont regardées par un grand nombre d'hydrologues comme susceptibles de résoudre le problème d'une manière très satisfaisante.

Cependant, des doutes se sont élevés à ce sujet : des essais de coloration ont donné des résultats inattendus, paraissant parfois incompatibles avec les lois de l'hydraulique ou en désaccord avec des constatations résultant d'autres procédés de recherche ; la fluorescéine a été accusée de tout le mal, on lui a reproché de modifier, dans certaines circonstances, les lois du mouvement de l'eau au point de rendre dérisoires les résultats des expériences.

La discussion de cette importante question au sein de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie a provoqué un grand nombre de communications intéressantes, émanant des spécialistes les plus distingués. Des faits bizarres ont été signalés, des conclusions opposées ont été formulées, donnant lieu à des discussions contradictoires qui seront sans doute d'un grand intérêt pratique.

La discussion a particulièrement porté sur un point capital, sur une question qui paraît avoir constitué le fond du débat : plusieurs expérimentateurs ont émis l'avis que *la fluorescéine éprouve, dans sa marche, un retard sur l'eau qui la véhicule*.

Cette opinion paraissait résulter de constatations directes ayant montré, dans des expériences effectuées sur un même tronçon de cours d'eau, la fluorescéine arrivant au captage au bout d'un temps plus long que d'autres matières en dissolution ou en suspension dans le liquide. Pour pouvoir affirmer que tel ou tel réactif chemine plus vite qu'un autre, il faut évidemment, avant tout, que les expériences sur lesquelles on base les affirmations soient effectuées *dans les mêmes conditions de débit*. Les essais invoqués étant loin de donner toutes garanties à ce sujet, il était permis de considérer comme prématurées les conclusions qu'ils avaient fournies. D'autres expériences d'ailleurs, paraissant exécutées dans de bonnes conditions de comparaison, opposèrent aux premières des résultats montrant la fluorescéine marchant plus vite que les autres témoins utilisés.

Il est important également d'appeler l'attention sur un phénomène

s'appelle conventionnellement la *vitesse moyenne dans la section considérée*.

Dans le cas où ω est constante, la vitesse moyenne U est la même pour toutes les sections transversales. Ces conditions sont réalisées notamment dans un canal rectiligne de pente et de dimensions invariables, dans un tuyau de section constante fonctionnant en charge.

Si l'on imagine alors qu'une tranche liquide, aussi mince qu'on le veut, se transporte vers l'aval sans se déformer; en d'autres termes, si l'on suppose que l'eau se meut d'une pièce dans le canal, comme une barre rigide soumise à un mouvement de translation suivant son axe, on en conclut que toutes les molécules sont animées de la même vitesse, dont la valeur est précisément

$$U = \frac{Q}{\omega}.$$

Cette notion peut expliquer comment on a été conduit à donner au rapport $\frac{Q}{\omega} = U$ le nom de *vitesse moyenne* dans la section considérée.

Mais les choses sont loin de se passer comme nous venons de l'imaginer; les différentes molécules situées à un moment donné dans une section transversale du cours d'eau ne se retrouvent pas toutes en même temps dans une autre section transversale d'aval. On sait, au contraire, depuis longtemps que, dans un canal découvert par exemple, ces molécules se trouveront réparties sur une surface bombée dont la pointe convexe se trouve vers l'aval, vers le milieu du plan d'eau et à une certaine profondeur variable suivant les circonstances, les bords de cette surface trainant en arrière sur la paroi mouillée.

Cela revient à dire que les différents points sont animés de vitesses u variables dans une même section transversale : minima le long des parois, elles vont en croissant à mesure qu'on s'en éloigne et qu'on se rapproche d'un point situé sur l'axe de symétrie vertical de la section.

Il y a donc, dans une section transversale donnée, des *vitesses variables* u , des *vitesses maxima* u_m , des *vitesses minima* u_m (1).

On admet souvent que dans un tel canal rectiligne à pente et à section constantes, le liquide se meut par filets parallèles à l'axe. Toutes les molécules situées sur un même filet sont animées alors de la même

(1) En analyse, on exprime l'idée de *vitesse moyenne* en écrivant : $Q = U\omega = \int u d\omega$.

vitesse et les filets glissent les uns sur les autres avec des vitesses variant comme celles des points d'une section transversale (1).

Mais cette hypothèse n'est faite que pour simplifier les formules de l'hydraulique, que l'on corrige par un coefficient convenablement choisi; on sait que les vitesses des molécules ne sont pas parallèles à l'axe; elles changent à chaque instant de grandeur et de direction, de sorte qu'une molécule située dans une zone de maximum de vitesse passe, à un moment donné, par suite de la composante oblique de sa vitesse, dans une région où le mouvement est moins rapide, ou inversement (2).

Si de pareils mouvements se produisent dans un canal rectiligne à pente et à section constantes, on conçoit toute la complication que présente le phénomène de l'écoulement dans un cours d'eau naturel et surtout dans un conduit souterrain présentant souvent des coudes, des étranglements, des élargissements, des chutes, des siphons, des obstacles de toute espèce. Les trajectoires décrites par les différentes molécules peuvent être alors extrêmement variables : deux molécules partant au même moment d'une même section transversale mettront des temps très différents pour arriver dans une autre section transversale d'aval.

En hydraulique, on tourne la difficulté assez aisément pour arriver à résoudre quelques problèmes qui se posent dans les applications. Ainsi, par exemple, s'il s'agit de jauger un cours d'eau, on le fait passer tout entier sur un déversoir dont on mesure le débit par des formules assez exactes; ou bien on observe le cours d'eau sur une portion rectiligne où le mouvement est bien uniforme et l'on y mesure expérimentalement (le plus souvent à l'aide de flotteurs) la vitesse u en un

(1) Dans les canaux découverts de *très grandes dimensions*, de forme régulière et à vitesse modérée, on peut donner comme valeurs moyennes :

$$u_M = 1,42U \text{ et } u_m = \frac{1}{2} \text{ à } \frac{1}{3} u_M.$$

Dans les canaux de dimensions restreintes, les écarts sont plus grands et très variables :

$$u_M = 1,25U \text{ et } u_m \text{ varie de } 0 \text{ à } \frac{1}{2} \text{ ou } \frac{2}{3} u_M$$

tout le long de la paroi.

Pour les tuyaux de conduite, dans des conditions moyennes, on peut, pour fixer les idées, indiquer la relation approchée $u_m = \frac{1}{2} u_M$.

(2) Le phénomène est particulièrement accentué dans les cours d'eau naturels; les ingénieurs américains lui ont donné le nom de « poulx des rivières ».

point ou en quelques points d'une section transversale. Une formule empirique permet d'en déduire la valeur de U et, partant, de calculer le débit $Q = U\omega$, après avoir mesuré l'aire ω .

Dans d'autres cas, surtout dans les tuyaux de conduite de forme bien connue et très simple, on peut établir une relation approximative entre U , la forme, les dimensions, la nature du conduit et les conditions de pression. On en déduit encore $Q = U\omega$.

Pour l'hydraulicien, l'essentiel est donc de déterminer la vitesse moyenne d'où il tire le débit. Peu lui importe, dans la plupart des cas, que ce débit soit fourni par des particules ayant marché avec des vitesses très différentes.

DURÉE DES TRAJETS. VITESSE MOYENNE POUR UNE LONGUEUR L .

L'hydrologue se propose de résoudre un tout autre problème : il doit non seulement se préoccuper des origines de l'eau, mais il importe aussi qu'il étudie les trajectoires des molécules; il doit « reconstituer pour ainsi dire jour par jour, heure par heure, ce que l'on pourrait appeler l'histoire des molécules d'eau avant leur arrivée au point où elles sont livrées à la consommation (1) ».

Dans l'étude des parcours souterrains notamment, on est amené à rechercher le temps mis par l'eau pour effectuer son trajet depuis le point d'absorption jusqu'au point d'émergence.

Si l'on connaissait le volume total C occupé par l'eau entre ces deux points et le débit Q , le temps T nécessaire pour écouler un volume équivalent à C serait donné par la relation

$$C = Q.T \quad \text{d'où} \quad T = \frac{C}{Q} (II)$$

En appelant L la longueur développée du cours d'eau entre les points définis plus haut, le rapport

$$\frac{L}{T} = V (III)$$

pourrait se définir la *vitesse moyenne de la longueur L* .

Si l'on imagine que l'eau se meut d'une pièce, c'est-à-dire si l'on

(1) J. MARBOUTIN, *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 1902, t. XVI. MÉM., p. 216.

suppose que les molécules réparties sur une section transversale se déplacent de façon à ne jamais prendre d'avance sur celles qui les précédaient et à ne pas se mettre en retard sur celles qui les suivaient au moment du départ, le rapport $\frac{L}{T} = V$ représentera la vitesse moyenne de toutes les molécules pour le parcours L (1).

Mais ces notions n'ont qu'une signification conventionnelle résultant de leur traduction par les formules (II) et (III). On sait qu'en réalité les trajectoires des différentes molécules sont très variables et qu'elles sont décrites en des temps t qui peuvent être très différents; de sorte que la connaissance de T et de V ne donne qu'une idée vague de la réalité des choses. Les vitesses moyennes de parcours pour la longueur L sont donc variables d'une molécule à l'autre : il y a des *vitesses maxima moyennes* v_m , des *vitesses minima moyennes* v_m , des *vitesses moyennes intermédiaires* v , correspondant à des temps t_m , t_m , t .

On remarquera d'ailleurs que, dans la plupart des cas, la détermination directe de C est pratiquement impossible, de sorte que pour résoudre le problème, il faut avoir recours à d'autres moyens.

DÉTERMINATION DE LA DURÉE DES TRAJETS.

On cherche à déterminer directement la durée des trajets par l'emploi de *flotteurs*, de *matières en suspension* ou de *substances en dissolution*.

UN FLOTTEUR ne donnera qu'une solution très incomplète et inexacte : incomplète puisqu'il ne fournira d'indications que sur le mouvement des filets liquides qui l'accompagnent; inexacte, car, particulièrement dans les anses et les siphons, le flotteur abandonnera les filets qui le portent et pourra se mettre sur eux en grande avance ou en grand retard. Sous terre il arrivera même qu'il soit arrêté définitivement par les éboulis ou par les siphonnements.

(1) La notion de vitesse moyenne de parcours n'a pas de signification précise dans le cas des parcours souterrains inaccessibles, puisque L ne peut pas être déterminé. On pourrait être tenté de prendre pour valeur de L la distance du point d'absorption au point d'émergence, mais il est facile de comprendre ce que cette façon de procéder a de conventionnel.

Il est bon de remarquer également que si l'on décompose le parcours total en tronçons, la vitesse moyenne peut varier beaucoup d'un tronçon à l'autre. Dans la zone d'absorption notamment, la vitesse peut être très faible.

LES MATIÈRES EN SUSPENSION pourront sans doute donner de meilleurs résultats, mais il est à craindre que leur mouvement ne soit contrarié au point de fausser les indications, particulièrement dans les zones de remous ou de ralentissement de vitesse. Les erreurs auxquelles elles peuvent donner lieu sont sans aucun doute bien supérieures à celles qui affectent les substances en dissolution.

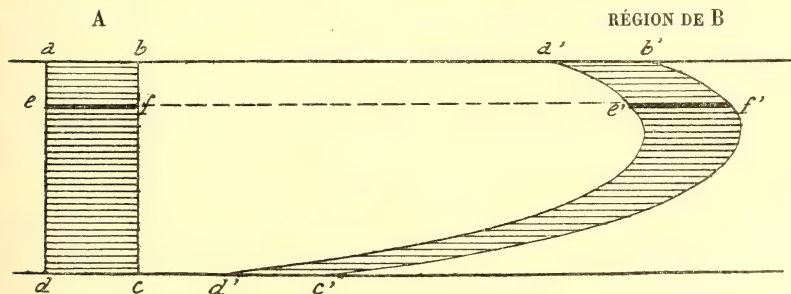
SUBSTANCES EN DISSOLUTION.

Il semble que pour résoudre le problème, il soit nécessaire de donner à un assez grand nombre de molécules un signalement, en leur adjoignant un *témoin* qui ne les abandonne pas, qui ne modifie pas leurs conditions de mouvement et qu'on retrouve à l'émergence.

Les substances en dissolution (matières colorantes, substances susceptibles d'être révélées par l'analyse chimique) paraissent résoudre le problème dans les meilleures conditions, parce qu'elles s'incorporent à l'eau de façon à constituer un tout physiquement homogène.

Si l'on pouvait individualiser les différentes molécules, les numéroter pour ainsi dire, de façon à relever exactement le moment de leur passage à l'émergence, le problème serait résolu dans toute sa généralité ; mais ce n'est là qu'une conception théorique à laquelle il ne faut pas s'arrêter.

Pour faire un essai à l'aide d'une matière colorante, on colore d'une façon aussi régulière que possible une tranche comprise entre deux sections transversales bc et ad , en un poste que nous nommerons A. Il résulte de considérations développées plus haut que ce bloc coloré va se déformer en s'écoulant : d'une part le glissement, des filets les



uns sur les autres va l'emboutir pour ainsi dire, le transformer en une sorte de cornet limité par une surface $a'b'f'c'd'e'a'$ convexe vers l'aval et concave vers l'amont. Cette nappe s'allongera en s'amincissant au fur

et à mesure de son avancement. D'autre part, les composantes obliques des vitesses feront passer des molécules colorées dans l'eau pure environnante et inversement. Ce mélange aura pour résultat de gonfler la masse colorée en la déformant et en inégalisant l'état de dilution. Le phénomène progressera surtout et se compliquera sous l'action des remous et des tourbillonnements.

Il en résulte que pour que le témoin puisse être décelé facilement au point d'observation, il faut colorer en A une tranche d'autant plus longue que la diffusion et le mélange prévus avec l'eau pure sont plus importants; c'est le cas des longs parcours avec réserves d'eau considérables.

Quoi qu'il en soit, il est certain que la zone colorée s'allongera, que le passage au point d'observation B pourra durer fort longtemps, que la coloration pourra s'y montrer très variable dans une même section transversale et d'une section transversale à l'autre.

Il semble aussi que, abstraction faite des causes d'erreur que nous examinerons plus loin, on puisse énoncer les principes suivants :

1° Le passage dans la section transversale B des premières traces infinitésimales de matière colorante annonce l'arrivée en ce point des premières molécules issues du paquet coloré en A; il fournit le temps minimum t_m et la vitesse maximum moyenne v_m pour le parcours total.

2° L'augmentation de la coloration dans l'ensemble de la section B correspond à l'arrivée en ce point d'un plus grand nombre de molécules issues de A.

3° La coloration maximum dans l'ensemble de la section B répond au plus grand afflux des molécules signalées en A.

4° La diminution de la coloration dans l'ensemble de la section B indique une réduction dans le nombre des molécules venant du tronçon coloré.

5° La disparition complète de la coloration en B correspond à la fin du passage des molécules auxquelles on avait adjoint le témoin; elle fournit le temps de parcours maximum t_M et la vitesse minimum moyenne v_M .

Les résultats de ces observations seront d'autant plus précis que le révélateur sera plus sensible et que le prélèvement des échantillons sera fait d'une manière plus judicieuse.

Pour conduire à des conclusions rationnelles et complètes, l'interprétation de ces résultats réclamera sans doute, dans bien des cas, une connaissance complète des choses de l'hydraulique.

EXAMEN DES CAUSES D'ERREUR.

I. La diffusion. — Nous avons supposé l'emploi d'un témoin n'abandonnant pas les molécules auxquelles il est adjoint. Or, cette condition n'est pas rigoureusement réalisée dans la pratique : la diffusion fait cheminer la matière dissoute des régions où la solution est plus concentrée vers celles où la dilution est plus grande, en même temps qu'elle répand la substance dissoute dans le dissolvant supplémentaire mis à sa portée.

Le résultat de ce phénomène est facile à concevoir : il met en avance les particules servant de témoins en tête de la colonne, tandis qu'il exagère le retard de l'arrière-garde colorée. Cette influence sera d'autant plus sensible que le véhicule marchera moins vite.

Néanmoins, la grande lenteur avec laquelle se propage la diffusion fait penser que, dans bien des cas, les erreurs qui en résultent sont tellement faibles qu'il serait puéril de vouloir en tenir compte.

II. Augmentation de densité de la solution. — Le témoin, avons-nous dit, ne doit pas modifier les conditions du mouvement du véhicule.

Ces conditions sont régies par la densité du liquide, son frottement sur lui-même et sur les parois.

Or, il semble que les solutions utilisées sont tellement faibles que les constantes spécifiques relatives au frottement ne peuvent pas être modifiées au point d'avoir pratiquement une influence perturbatrice appréciable sur les lois du mouvement du liquide.

Reste la question de la densité.

Il est certain que l'addition d'une matière soluble a pour effet de modifier la densité du véhicule et par conséquent ses conditions de mouvement. On a pensé que cette influence pouvait être considérable : l'eau colorée par la fluorescéine par exemple, devenant plus dense, aurait une tendance à s'étaler sur le fond de la rivière dans la zone des moindres vitesses ; arrivant lentement dans les anses et dans les golfes, elle s'accumulerait dans leurs fonds, au point d'y constituer des réserves immobiles considérables, ralentissant la vitesse de propagation, et même arrêtant la marche de la coloration.

Ce serait là la cause du *retard de la fluorescéine sur l'eau qui la véhicule*, et ce retard aurait été mis en évidence par des essais effectués avec d'autres témoins. Mais les expériences ayant servi de base à cette

conclusion ont été exécutées dans des conditions telles qu'il est impossible de leur accorder une valeur démonstrative.

Si la cause perturbatrice résultant de l'augmentation de densité avait réellement une influence appréciable pour des solutions extrêmement diluées, comme les eaux colorées à la fluorescéine, comment comprendrait-on qu'elle n'affecte pas davantage encore les eaux salées, ou les eaux portant en suspension de la poudre d'amidon?

D'ailleurs, des expériences comparatives, simultanées ou non, semblent avoir établi d'une façon définitive que la fluorescéine n'éprouve aucun retard sur les autres substances utilisées; elle constituerait même le témoin *le plus sensible et le plus précis*. Il est probable, sans doute, que les variations constatées dans les vitesses de propagation tiennent bien plus à la différence de sensibilité des réactifs qu'aux modifications apportées aux conditions de mouvement par la matière incorporée à l'eau.

Il resterait encore à étudier la question de savoir si la fluorescéine éprouve un *retard appréciable sur l'eau* qui la véhicule.

On comprendra toute la difficulté que présente la solution rigoureuse de ce problème si l'on songe qu'elle exige, comme terme de comparaison, la connaissance exacte des conditions du mouvement de l'eau pure s'écoulant *sans témoin*!

Les *grandes cavités* paraissant exagérer les effets perturbateurs éventuels, nous sommes amenés à dire un mot de leur rôle dans le régime circulaire du liquide.

Quand un tuyau ou un canal débouche dans un élargissement de section, le faisceau de filets liquides à peu près parallèles s'épanouit en une gerbe dont l'allure dépend des dispositions à l'entrée et de la forme de l'élargissement. Les filets ne redeviennent sensiblement parallèles que si la cavité est assez longue et de forme suffisamment régulière. Des phénomènes inverses se présentent à la sortie.

C'est dans ces élargissements qu'il peut se produire surtout de grandes différences dans les vitesses des filets. Suivant la façon dont le ruisseau s'introduit dans le réservoir, la zone des vitesses maxima se portera vers le fond ou restera vers la surface, faisant ainsi varier, suivant les cas, les lois d'accroissement et d'extinction graduels de la coloration et sa répartition dans la masse.

N'est-ce pas faute d'avoir suffisamment analysé ces phénomènes que quelques observateurs ont cru pouvoir attribuer à l'eau colorée une tendance marquée à s'accumuler dans les fonds? Est-il bien certain que

l'eau pure se fût comportée autrement que celle dont ils ont pu suivre les mouvements grâce à la fluorescéine?

L'une des raisons qui ont donné naissance à cette idée de dépôt dans les fonds se trouve dans le fait constaté de réapparitions de l'eau colorée provoquées par des crues. Sans doute, puisque la couleur réapparaît (1), c'est qu'elle était restée en route; mais, encore une fois, est-il bien certain que l'eau qui l'amène n'eût pas subi exactement le même retard si la matière colorante ne lui avait pas été adjointe? Il y a, dans les parties élargies des cours d'eau, des portions dites *mortes*, qui ne sont guère animées que de mouvements de remous et non translatatoires. En circulation normale d'eau pure, le renouvellement des molécules s'y fait lentement; de même la fluorescéine y pénètre lentement pendant le passage assez prolongé du flux coloré et y reste après le départ de ce flot.

Si le débit normal se maintient, la réserve colorée s'élimine très lentement, donnant une dilution si grande que le témoin n'est plus révélé; survienne une crue importante, le régime se modifie, les portions *mortes* sont englobées dans les parties vives et la chasse peut les enlever d'un bloc pour les conduire, pour ainsi dire sans mélange, à l'émergence, où la coloration redeviendra apparente.

Les réapparitions peuvent, dans certains cas, s'expliquer par ce fait que l'eau emprunte souterrainement plusieurs conduits différents; elles ne prouvent donc pas, pensons-nous, le dépôt de la fluorescéine dans les fonds, dépôt qui d'ailleurs n'a jamais été démontré.

Bien que cet intéressant problème relatif à l'influence de l'augmentation de densité ne soit pas rigoureusement résolu, il paraît établi que la fluorescéine présente à ce sujet le plus de garanties, grâce à l'extrême dilution des solutions employées.

On retiendra toutefois de cette discussion que pour réduire au minimum les causes d'erreur, il y a lieu de régler le jet de façon à éviter dès le début des solutions trop concentrées.

III. Altération du témoin. Précautions à prendre. — Nous avons dit que le témoin devait satisfaire à la condition de se retrouver à l'émergence; il faut donc qu'il ne soit pas altéré en route et qu'il se révèle facilement. La fluorescéine — témoin le plus généralement employé et reconnu le meilleur — est soumise, soit à l'air libre, soit par son passage dans les conduits souterrains, à diverses actions chimiques pouvant l'altérer ou la transformer de manière à la rendre

(1) Il serait plus exact sans doute de dire : « montre une recrudescence d'intensité. »

invisible à l'observateur. Nous croyons utile d'indiquer ici les principales causes d'altération de ce témoin et les moyens d'y remédier.

Influence de la lumière. — La lumière a une influence très importante sur les solutions très diluées de fluorescéine, d'autant plus que l'action décolorante qu'elle exerce est irrémédiable; il n'est plus possible de régénérer la teinte disparue. On peut dire qu'une solution de fluorescéine au 100,000,000^e n'est plus décelable avec certitude au fluorescope après avoir été exposée pendant trois heures aux rayons directs du soleil. Il est donc absolument indispensable de placer à l'abri de la lumière les échantillons d'eau pris à l'émergence, si l'on ne veut s'exposer à obtenir des résultats négatifs.

Influence de l'acide carbonique. — L'acide carbonique, qui se rencontre toujours en quantité plus ou moins notable dans les eaux souterraines, exerce aussi une action décolorante et très rapide sur les solutions de fluorescéine. Pour s'en convaincre, il suffit de faire passer un courant d'acide carbonique dans la solution, et l'on peut constater alors que cette solution se décolore en très peu de temps.

Si à de l'eau de pluie recueillie directement — eau qui contient, comme on le sait, une notable proportion d'acide carbonique — on ajoute de la fluorescéine pour amener le titre au 100,000,000^e, la teinte verte n'est absolument pas visible, même au fluorescope. Mais ici, contrairement à ce que nous avons vu pour la lumière, la matière colorante peut toujours être *régénérée*, même après des actions de longue durée.

Il suffit pour cela de neutraliser la solution par quelques gouttes d'ammoniaque, et la teinte verte caractéristique de la fluorescéine réapparaît exactement avec la même intensité que précédemment. Le contact prolongé sur le calcaire, autrement dit le fixage à peu près complet de l'acide carbonique par le calcaire, produit le même résultat, c'est-à-dire qu'il régénère la teinte verte. (Contrairement à ce qu'en pensent certains auteurs, le calcaire ne détruit donc pas la matière colorante verte.)

Influence du limon des cavernes. — On peut dire que certains limons déposés dans les conduits souterrains n'exercent pas d'action sur les solutions de fluorescéine, ou que cette action, si elle existe, peut être considérée comme quantité négligeable pour des dépôts de cette nature. Il paraît n'en être pas de même pour certaines argiles souterraines.

Il conviendrait d'ailleurs, pour bien déterminer l'influence des limons, d'entreprendre quelques expériences complémentaires avec quelques types variés et bien définis de limons : soit cohérent, calcareux, soit gras, argileux ou décalcifié, etc. Les *cavités souterraines* renferment aussi bien des argiles grasses et plastiques, résultant de la

décomposition du calcaire, que des limons infiltrés venant du haut, et des limons fluviaux ou d'inondations internes. Des propriétés différentes peuvent caractériser ces dépôts, de structure et de composition diverses.

Influence du sol tourbeux. — Des expérimentateurs ont reconnu que la fluorescéine, après son passage dans un sol tourbeux, était décolorée et que la matière colorante ne pouvait être régénérée. Dans ce cas, on pourra utiliser la fuchsine acide (teinte rouge), qui se décolore également, mais peut être régénérée par l'acide acétique.

MANIÈRE D'EFFECTUER LE JET DE LA MATIÈRE COLORANTE.

Avant d'être déversée, soit dans un point d'absorption, soit dans un ruisseau, soit dans une rivière, la fluorescéine doit tout d'abord se trouver en solution. Il faut bien se garder de la jeter en poudre, sinon la dissolution ne se fait pas tout de suite, l'excès de substance tombe au fond du cours d'eau, où elle ne se dissout que lentement, elle est alors emportée progressivement par les parties lentes du courant, ce qui a pour résultat de fausser les indications. Si l'on n'a pas à sa disposition des récipients d'une capacité suffisante pour opérer une dissolution convenable et complète, il est bon d'ajouter de l'ammoniaque, alcali dans lequel la fluorescéine est infiniment plus soluble que dans l'eau. Un kilogramme de fluorescéine doit être dissous, pour bien faire, dans 50 litres d'eau, et le mélange doit être long, si l'on veut être certain de la dissolution complète. La matière colorante doit être déversée sur une tranche de toute la largeur du courant, ou parfois aussi dans sa portion la plus rapide, suivant le but à atteindre; mais il ne faut pas la projeter sur les bords seulement, là où la vitesse des eaux est considérablement ralentie, sinon on s'expose — si l'on a de longs trajets en vue — à ne pas retrouver la fluorescéine à l'émergence à une dose suffisante pour être décelée, même au fluoroscope, et ainsi le problème proposé ne serait pas résolu. La tranche à colorer doit être d'une teinte d'autant plus intense — tout en étant assez grande — que le trajet est plus long et que les réserves d'eau que l'on s'attend à rencontrer sont plus considérables.

PRISE D'ÉCHANTILLONS.

Si l'on veut faire une expérience vraiment consciencieuse, dont le résultat peut être important, les échantillons d'eau doivent être prélevés à l'émergence toutes les heures et parfois pendant dix à quinze jours

si c'est nécessaire. Suivant le but à atteindre, les échantillons devront être pris dans toute la tranche du cours d'eau, ou bien il suffira de les prélever dans l'axe le plus rapide du courant. Il arrivera que l'on puisse encore déceler la fluorescéine sur les bords, dans les parties les plus lentes, quand la matière colorante n'est plus appréciable dans l'axe de la plus grande vitesse des eaux.

OBSERVATION AU FLUORESCOPE.

L'observation à l'œil nu est souvent insuffisante; aussi l'emploi du fluorescope est indispensable, surtout si l'on veut relever l'arrivée de l'avant-garde peu colorée et se rendre compte des variations qui se produisent dans l'intensité de la coloration.

L'examen des échantillons doit toujours se faire par comparaison entre l'échantillon type pris avant l'expérience et l'échantillon suspect; si l'échantillon offre le plus léger trouble, *il faut absolument filtrer*, sinon on ne pourrait parvenir à déceler les faibles doses, le dichroïsme propre à la fluorescéine étant masqué par les matières en suspension. Il est toujours bon d'ajouter quelques gouttes d'ammoniaque afin de neutraliser l'acide carbonique et par conséquent de pouvoir régénérer la matière colorante, si elle existe même à faible dose. Si l'ammoniaque produit un précipité (par exemple de bicarbonate), il faut laisser déposer à *l'abri de la lumière* et filtrer.

L'examen au fluorescope doit être très consciencieux; il faut s'assurer que les tubes à expérience soient d'un verre aussi homogène que possible, sinon on obtiendra des teintes différentes pour la même eau, d'où cause d'erreur possible.

L'observateur doit posséder une vue lui permettant l'appréciation exacte des couleurs (ce qui est assez rare).

En prenant toutes ces précautions, on peut arriver à déceler, au fluorescope, le 10 000 000 000^e sans aucun doute et parfois même aussi le 20 000 000 000^e de fluorescéine en solution dans l'eau.

CONCLUSIONS.

1^o *La fluorescéine reste, jusqu'ici, la meilleure substance à employer pour la recherche des relations entre les points d'absorption ou pertes et les points de réapparition ou résurgences.*

2^o *La fluorescéine ne modifie pas les conditions du mouvement de l'eau*

dans laquelle elle est incorporée. Le soi-disant retard de la matière colorante sur l'eau qui la véhicule n'est qu'une illusion résultant de la défectuosité des opérations et des observations, ou bien d'erreurs dans les interprétations.

5° L'eau colorée se comporte comme l'eau pure dans les grandes cavités; elle n'a pas de tendance à s'accumuler dans leurs fonds. L'existence de ces grandes cavités peut être parfois révélée par une réapparition de la coloration, provoquée par une crue subite.

4° Des intumescences dues aux crues et aux levées de vannes peuvent amener aux résurgences des dépôts microbiens et des troubles, bien avant l'arrivée des eaux colorées qui ont provoqué ces crues.

5° Il ne faut pas demander à la fluorescéine plus qu'elle ne peut donner : prouver l'existence d'une communication entre deux points, donner une idée approximative des temps employés à effectuer le trajet. La vitesse de l'eau est une notion très complexe; la détermination des éléments qui la définissent sera d'autant plus complète et plus précise que les causes d'erreurs auront été mieux écartées et que les observations seront faites avec plus de soin.

6° La fluorescéine doit être jetée à l'état de solution assez étendue et d'après les indications données précédemment.

7° Les prélèvements des échantillons au point d'observation doivent être très fréquents et prolongés assez longtemps. L'examen des échantillons doit se faire au fluorescope. Tout échantillon paraissant limoneux ou légèrement trouble réclame le filtrage préalable.

8° La lumière solaire décolore rapidement les solutions de fluorescéine.

9° Les sols tourbeux ont la même influence sur cette matière colorante.

10° L'acide carbonique décolore également les solutions de fluorescéine, mais la substance peut être régénérée.

11° Certains limons, de même que les calcaires, n'exercent pas d'action décolorante sur la fluorescéine.

12° Il faut se montrer très circonspect en ce qui concerne les conclusions à tirer d'expériences négatives, même si elles ont englobé un cycle complet d'influences saisonnières très diverses.

Le Comité spécial de la Fluorescéine :

AD. KEMNA, E.-A. MARTEL, E. PUTZEYS, E. VAN DEN BROECK, membres,
H. RABOZÉE et ED. RAHIR, rapporteurs.

En l'absence de M. *Mourlon*, M. Rutot donne lecture de la note suivante :

COMPTE RENDU SOMMAIRE

DE LA

IX^e SESSION DU CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

QUI S'EST TENUE

A VIENNE, EN AOÛT 1903

PAR

MICHEL MOURLON

La IX^e session du Congrès géologique international a eu lieu cette année à Vienne, et l'ouverture en a été faite le jeudi 20 août, avec une solennité tout à fait exceptionnelle.

Après une séance du Conseil, dans laquelle il fut procédé, selon l'usage, à la nomination du président et des vice-présidents, ces derniers étant, sur la proposition de MM. Barrois et Tschernyschew, réduits en nombre et choisis exclusivement parmi les membres présents au Congrès, on se rendit dans la grande salle des fêtes de l'Université où un trône avait été dressé.

S. A. I. M^{gr} l'archiduc Rainer, en y prenant place, prononça un discours de bienvenue qui fit la meilleure impression, mais que l'étiquette, sans doute, empêcha d'applaudir.

On entendit ensuite un discours fort bien venu de Son Excellence W. de Hartel, conseiller intime de Sa Majesté, Ministre des Cultes et de l'Instruction publique, et Président d'honneur du Congrès.

Enfin, après deux autres discours prononcés en allemand, comme les précédents, l'un du Pro-recteur de l'Université et l'autre du Maire de la ville de Vienne, on entendit encore M. Capellini, l'ancien président de la session de Bologne en 1881, se faire l'interprète des géologues étrangers pour remercier, aux applaudissements de l'assemblée, le Représentant de l'Empereur, les autorités et les savants autrichiens de leur magnifique réception.

Ce fut alors le tour de M. Barrois qui, en l'absence de M. le professeur Gaudry, déposa les pouvoirs du Bureau de la session de Paris dont ils faisaient tous deux partie.

Le Secrétaire général, M. Diener, qui s'est multiplié pour la bonne réussite du Congrès, a proclamé le résultat des élections faites le matin en séance du Conseil et que l'assemblée a ratifié de ses bravos.

C'est alors que, dans un excellent discours en français, M. Tietze, l'éminent directeur du Service géologique d'Autriche et promoteur du Congrès, exposa avec une grande clarté et la simplicité qui le caractérise, les avantages des congrès qui, dans l'occurrence, dit-il, vont permettre aux géologues autrichiens de faire connaître leurs résultats. Il y a plus de six cents adhésions au Congrès de Vienne, qui ne fera peut-être pas énormément de festins, a ajouté M. Tietze, mais qui sera une « École pratique de géologie comparée ».

Je me hâte d'ajouter que les prévisions de notre savant collègue se sont complètement vérifiées en ce sens que, sans être nulle part exposé à la moindre famine, on a pu participer à de nombreuses excursions dont quelques-unes, comme celles du Semmering et du Schneeberg (2075 mètres), étaient aussi attrayantes sous le rapport du pittoresque incomparable des régions montagneuses parcourues qu'au point de vue scientifique spécial qui nous y amenait.

Il convient aussi de féliciter les organisateurs du Congrès de Vienne d'avoir, à l'instar de ce qui avait déjà été réalisé à la session de Londres, laissé de côté les discussions se rapportant à l'unification de la nomenclature. Elles ont été fort avantageusement remplacées par les importantes communications qui ont rempli les séances alternant avec les excursions.

Ces séances, qui ont commencé l'après-midi du jour d'ouverture de la session, avaient lieu dans la grande salle d'amphithéâtre de l'Institut géologique, qui a fait l'admiration de tous les auditeurs. Sa disposition en gradins dans un vaste hémicycle a permis à un nombreux auditoire des plus attentifs de venir écouter les maîtres de la science exposer les résultats de leurs découvertes à l'aide de superbes projections lumineuses.

C'est ainsi que, dès la première séance, nous avons entendu une conférence de M. Baltzer sur les laccolithes du massif de l'Aar et un compte rendu saisissant des éruptions volcaniques de la Martinique et de Saint-Vincent par M. E.-O. Hovey.

Il est à remarquer aussi que l'ordre du jour de chaque séance avait été arrêté de manière que toutes les communications se rapportant à

une même question, fussent entendues et discutées dans la même séance.

C'est ainsi que celle du 22 août fut consacrée à l'étude des schistes cristallins de l'Allemagne, de l'Autriche, des Alpes, de la Finlande et de l'Amérique du Nord.

La conférence magistrale du savant professeur de minéralogie à l'Université de Vienne, M. F. Becke, ainsi que celle de l'éloquent professeur de minéralogie à l'École des Mines de Paris, M. P. Termier, ont été écoutées dans un religieux silence et couvertes par les applaudissements de plus de 400 auditeurs.

On sentait combien sort prédominantes en Autriche les études lithologiques par les plaques minces au microscope polarisant.

La séance du 24 août qui, de même que la suivante, se tint dans un autre auditoire de l'Institut géologique, avec un grand luxe d'exposition de cartes pour les démonstrations, présenta un intérêt tout particulier par les discussions sur le problème des « lambeaux de recouvrement », des « nappes de charriage » et des « Klippen ».

Ces intéressants problèmes, dont notre président, M. Stainier, nous montrait naguère un curieux exemple en Belgique, dans la vallée de Samson, furent exposés avec une grande conviction et une remarquable clarté par MM. Lugeon et Haug pour les Alpes, par M. Uhlig pour les Carpathes, et par M. Bailey Willis pour les États-Unis.

Les discussions qui accompagnèrent ces communications et particulièrement celles entre MM. Heim et Rothpletz furent assez vives et, bien que la doctrine dont le sympathique professeur de Lausanne, M. Lugeon, s'est fait le principal protagoniste, fût admise en principe, des divergences considérables d'opinion n'en persistèrent pas moins touchant la véritable nature et l'origine réelle des structures en question.

La séance du 26 août fut consacrée à la géologie de la Péninsule Balkanique et de l'Orient et celle du 27 à des communications sur des sujets divers et si nombreuses qu'il fallut les répartir dans quatre sections, fonctionnant simultanément.

Enfin, l'après-midi eut lieu l'assemblée générale constituant la séance de clôture, dans laquelle il fut donné lecture des rapports de M. Beyschlag sur les progrès de la Carte internationale géologique d'Europe, de M. Archibald Geikie pour la Commission des lignes de rivage de l'hémisphère Nord et pour celle de la coopération internationale dans les investigations géologiques.

Notre sympathique confrère M. Oehlert, qu'accompagnait sa distin-

guée compagne et collaboratrice, a été chaleureusement félicité sur le succès obtenu par la première livraison de sa *Paleontologia Universalis*.

Le rapport de la Commission internationale des glaciers fut présenté par M. S. Finster-Walder et le Comité désigné pour décerner le prix Spendiaroff accorda ce dernier à M. Brögger, de Christiania.

Les excursions, qui sont la grande attraction des Congrès géologiques, ont été extrêmement nombreuses durant la Session de Vienne. C'est au point qu'il y en avait presque toujours deux et quelquefois trois le même jour, comme ce fut le cas le dimanche 25 août.

Les congressistes avaient le choix, ce jour-là, entre l'excursion, à laquelle je pris part, d'Eggenburg dans les terrains miocènes du bassin extra-alpin de Vienne sous la direction de MM. Th. Fuchs, O. Abel et F.-X. Schaffer, celle aux terrains archéens du Waldviertel sous la conduite de M. F. Becke et celle dans les terrains paléogènes à Pansran en Moravie sous la conduite de M. A. Rzeha.

Il y eut ainsi pendant la Session dix excursions, sans compter celles qui, d'une part, ont précédé le Congrès, en Bohême, en Moravie, en Galicie, dans la région des Klippes carpathiques et du Tatra, aux environs de Salzburg et Salzkammergut et qui, d'autre part, se sont effectuées après le Congrès en Bosnie et Herzégovine et qui ont parfaitement réussi.

Parmi toutes ces excursions dont on trouvera la description détaillée au compte rendu de la Session, qui sera publié comme l'ont été tous ceux des sessions antérieures, il en est une qui mérite d'attirer plus spécialement notre attention par suite de certaines analogies qu'elle permet de constater entre le bassin de Vienne et celui d'Anvers : c'est l'excursion aux terrains miocènes du bassin alpin de Vienne à Atzgersdorff, Baden et Vöslau, sous la direction de MM. Th. Fuchs et F.-X. Schaffer.

Elle nous a permis, en effet, d'observer une fort belle coupe dans la tuilerie de Ziegelwerk, appartenant à M. Franz Breyer, de Vöslau.

Sous 2 mètres de cailloux quaternaires s'étendaient, sur une assez grande longueur, une dizaine de mètres d'argile sableuse noirâtre avec cailloux et quantité de coquilles fort bien conservées.

Le propriétaire ayant eu la très gracieuse attention de remplir de ces coquilles un certain nombre de boîtes qui, par leur suscription imprimée, témoignaient qu'elles étaient offertes en souvenir du Congrès géologique, j'ai prié l'un des collaborateurs du Service géologique,

M. Engerrand, de vouloir bien déterminer celles des coquilles qui me sont ainsi échues en partage, et voici la liste qu'il m'en a communiquée :

Liste de fossiles de Ziegelwerk.

Numéros d'ordre.	GENRES, SOUS-GENRES, ESPÈCES ET AUTEURS.	RÉPARTITION DANS LE TEMPS						
		Tongrien.	Aquitanién.	Burdigalien.	Helvétien.	Tortonien.	Pliocène.	Miocène belge.
1	<i>Conus (Chelyconus) avellana</i> Lk	...	...	+	+	+	...	...
2	— (<i>Conospira</i>) <i>Dujardini</i> Desh	...	...	...	+	+	...	+
3	— — <i>ventricosus</i> Bronn. . . .	...	...	...	...	...	+	...
4	<i>Terebra (Spineoterebra) algarbiorum?</i> Da Costa. . . .	...	...	+	+	+	...	...
5	<i>Clavatula (Perrona) Jouanneti</i> Desm. . . .	...	...	+	+	+	...	...
6	— (<i>Clavatula</i>)? <i>Schreibersi?</i> Hörnes. . . .	...	...	+	+	+	...	...
7	— — <i>interrupta</i> Brocc. . . .	...	...	+	+	+	...	+
8	— — <i>asperulata</i> Lk	...	...	+	+	+	...	...
9	<i>Pleurotoma (Pleurotoma) trifasciata</i> Hörnes. . . .	...	...	+	+	+	...	...
10	<i>Pleurotoma (Pleurotoma) spiralis</i> M. de Serres. . . .	...	...	+	+	+	...	...
11	<i>Pleurotoma (?) canaliculata</i> Bel. . . .	...	...	+	+	+	...	...
12	— (?) <i>cypris</i> d'Orb. . . .	...	...	+	+	+	...	...
13	<i>Drillia (Crassispira) terebra</i> Bast. . . .	...	...	+	+	+	...	...
14	<i>Cancellaria (Bivetia) subcancellata</i> d'Orb. . . .	...	...	...	+	+	...	...
15	— (<i>Sveltia</i>) <i>subvaricosa</i> d'Orb. . . .	...	...	+	+	+	...	...
16	— (?) sp?	...	...	...	...	...	...	...
17	<i>Ancilla (Sparella) obsoleta</i> Brocc. . . .	...	...	...	...	+	...	+
18	— (<i>Baryspira</i>) <i>glandiformis</i> Lk	...	...	+	+	+	...	...
19	<i>Mitra (?) goniophora</i> Bell. . . .	...	...	...	...	+	...	...
20	<i>Fusus (Fusus) crispus</i> Bors. . . .	...	...	...	...	+	...	...
21	<i>Dolicholathyrus (Dolycholathyrus) Va-</i> <i>lenciennesi?</i> Gr. . . .	...	...	...	...	+	...	...
22	<i>Nassa (Nassa) mutabilis?</i> Linné	...	...	...	...	...	+	...
23	— (<i>Telasco</i>) <i>costulata</i> Brocc. . . .	...	...	...	+	+	...	...

Numéros d'ordre.	GENRES, SOUS-GENRES, ESPÈCES ET AUTEURS.	RÉPARTITION DANS LE TEMPS						
		Tongrien.	Aquitanien.	Burdigalien.	Helvétien.	Tortonien.	Pliocène.	Miocène belge.
24	— (<i>Hinia</i>) <i>reticulata</i> Linné				+	+		
25	<i>Murex</i> (?) <i>Aquitanicus</i> Gr.			+	+	+		
26	— (<i>Ocinebra</i>) <i>subclavatus</i> Bast			+	+	+		
27	<i>Purpura</i> (?) <i>elata</i> Bl					+		
28	<i>Cassis</i> (?) <i>saburon</i> Lk.			+	+	+		+
29	<i>Chenopus</i> (?) <i>Burdigalensis</i> d'Orb.			+		?		
30	<i>Turritella</i> (?) <i>bicarinata</i> Eichw			+	+	+		
31	— (?) <i>turris</i> Bast			+	+	+	+	
32	<i>Melanopsis</i> (?) <i>aquensis</i> Grat.			+	+	+		
33	<i>Trochus</i> (<i>Diloma</i>) <i>patulus</i> Br.			+	+	+		
34	<i>Ostrea</i> (?)							
35	<i>Pectunculus</i> (?) <i>pilosus</i> (jus.) Linné			+	+	+		+
36	<i>Arca</i> (?) <i>cardiiformis</i> (?) Bast		+	+				
37	— (?) <i>turonica</i> Duf.				+	+		
38	<i>Cardita</i> (?) <i>Partschii</i> Goldf			+	+	+		
39	<i>Venus</i> (?) <i>plicata</i> Gruel			+	+	+		
40	<i>Corbula</i> (<i>Agina</i>) <i>gibba</i> Olivi			+	+	+		
41	<i>Lucina</i> (<i>Axinus</i>) <i>columbella</i> Lk	+	+	+	+	+		
42	— (<i>Strigilla</i>) <i>ornata</i> Ag.		+	+		?		
43	— (<i>Lucina</i>) <i>leonina</i> Desh.			+	+	?		
44	— (?) <i>miocenica</i> ? Micht.			+	+	?		
45	<i>Astrea</i> (?)							

Il ressort du tableau qui précède que sur les quarante-cinq espèces, dont quarante-trois déterminables, qui y sont renseignées, il s'en trouve une qui apparaît déjà dans le Tongrien, trois dans l'Aquitainen, vingt-huit dans le Tortonien.

Ce relevé, tout incomplet qu'il soit, confirme néanmoins l'âge

miocène tortonien qui est assigné par les géologues autrichiens à la faune de Ziegelwerk.

Pour ce qui est de la comparaison de cette faune avec celle de nos couches miocènes belges, il serait difficile de l'établir avec précision au moins quant à présent.

Il est à remarquer toutefois que si le tableau ci-dessus ne signale que cinq espèces des couches miocènes de Ziegelwerk comme se trouvant dans les sables à *Panopœa Menardi* de notre Miocène bolderien, le nombre en sera probablement fort augmenté après la revision de la nomenclature de nos listes et la distinction des espèces anversiennes, et bolderiennes proprement dites.

J'ajouterai que l'éminent paléontologiste de Göttingen, M. le professeur von Koenen, qui faisait partie de l'excursion, m'a dit qu'il considérait la faune de Ziegelwerk comme correspondant à celle de nos sables miocènes bolderiens du Bolderberg, mais plus méditerranéenne (Tegel méditerranéen de Baden, Faune de Gainfahn).

Avant de terminer ce compte rendu sommaire de la Session de Vienne, à laquelle la Société belge de Géologie m'a fait l'honneur de me déléguer, je dois faire remarquer que si cette Session a présenté un grand intérêt pour la majorité de ceux qui y ont pris part, elle a été l'occasion presque d'une déception pour les étrangers qui n'étaient point familiarisés avec la langue allemande. Il a été de toute impossibilité, en effet, pour ces derniers de suivre avec autant de fruit que cela eût été désirable, tant les excursions que les séances, dont les directeurs et les orateurs s'exprimaient à peu près exclusivement en allemand.

Cela paraît être un sérieux écueil pour les Congrès à venir et l'on ne peut s'empêcher de se demander s'il n'y aurait point moyen d'y parer par l'emploi, non pas d'une langue universelle qui semble ne pouvoir jamais sortir du domaine de l'utopie, mais bien d'une langue auxiliaire, telle que l'Espéranto, qui compte déjà un grand nombre d'adhérents et mérite d'attirer sérieusement l'attention des géologues.

Enfin, j'omettrais de signaler une des particularités les plus intéressantes de la Session de Vienne, si je ne rappelais qu'à différentes reprises, voire même à la séance solennelle d'ouverture, il a été fait une manifestation grandiose en l'honneur du Nestor de la géologie autrichienne, j'ai nommé le célèbre Édouard Suess, président de l'Académie impériale des sciences à Vienne et l'auteur d'une publication qui a fait sensation dans le monde savant comme étant peut-être la

seule ayant pu synthétiser, en en tirant les conséquences tectoniques les plus surprenantes, tous les grands travaux géologiques de ces dernières années.

Que dirais-je encore pour être absous des imperfections de ce compte rendu, au sujet desquelles je crois pouvoir invoquer les circonstances atténuantes résultant d'une connaissance insuffisante de la langue dominante à la Session de Vienne, si ce n'est que votre délégué, qui était aussi celui du Service géologique de Belgique, s'est trouvé dans le cas, à plusieurs reprises, en sa qualité de vice-président du Congrès, de prendre la parole au nom des géologues étrangers.

C'est ce qui lui a permis de rappeler notamment que nous n'avons pas seulement avec l'Autriche des points de contact par les analogies que présentent nos formations géologiques des bassins de Vienne et d'Anvers, mais aussi par nos souvenirs historiques du Prince Charles de Lorraine, le seul peut-être auquel, vivant, la reconnaissance publique ait élevé une statue, et de sa belle-sœur, Marie-Thérèse, l'Impératrice des Pays-Bas autrichiens, qui, en décembre 1772, fonda l'Académie royale de Belgique.

Il ne me reste plus maintenant qu'à rappeler que les Congressistes, avant de se séparer, ont fait choix de Mexico pour la réunion, en 1906, de la X^e Session du Congrès géologique international.

M. *Stainier* fait connaître ensuite les curiosités archéologiques renseignées à l'ordre du jour et développées ci-dessous :

CURIOSITÉS ARCHAEO-GÉOLOGIQUES

PAR

X. STAINIER

Professeur de Géologie à l'Université de Gand.

On s'étonnera peut-être de me voir présenter à la Société de Géologie un travail d'un genre qui s'éloigne beaucoup de ceux dont elle entend d'habitude la lecture. En faisant cela, j'ai eu pour but de reposer notre Société des graves discussions dont on vient de clore la série. Il y a toujours d'ailleurs un intérêt philosophique à jeter de temps en temps, sur la longue route du progrès, un petit regard en arrière et à voir ce qu'ont dit ou ce qu'ont pensé nos prédécesseurs dans des voies où tout nous semble clair aujourd'hui.

Fossile belge le plus anciennement signalé.

Il y a quelque temps, un de nos plus intelligents chercheurs, M. Delheid, dont les sociétés scientifiques connaissent bien le nom, signalait (1) certaines découvertes qu'il avait faites à Uccle. Au cours de cette note, il attirait l'attention sur le nom bizarre que possède un château situé à proximité de l'avenue Defré, où il avait fait ses trouvailles. Ce nom, en effet : « Het hof te zeecrabbe », traduit en français signifie : La propriété aux crabes de mer. Au premier abord, on se demande ce que les crabes de mer peuvent bien faire à Uccle, à 125 kilomètres du littoral, et l'on comprend l'étonnement manifesté par M. Delheid.

Or nous allons voir qu'il s'agit là d'un nom de lieu-dit, qui possède une respectable antiquité de plusieurs siècles; qu'il fait allusion non pas à des crustacés actuels, mais bien à des fossiles dont nous trouvons là la mention de loin la plus reculée pour notre pays. Je précise.

Un éminent historien belge, feu Alph. Wauters, a eu l'occasion, au cours de ses savantes recherches, de rencontrer, le premier, l'antique mention de ce nom de lieu-dit. C'est dans le riche fonds des chartes des Archives nationales de France qu'il a exhumé l'acte original important, daté de septembre 1270, qui contient cette mention avec celle de beaucoup d'autres des plus intéressantes pour la topographie ancienne du Brabant (2).

A la veille d'épouser la duchesse Marguerite, fille de saint Louis, roi de France, Jean I^{er} le Victorieux, duc de Brabant, le célèbre vainqueur de Woeringen, constitua à sa fiancée un douaire de 6000 livres de Louvain. Une liste fut dressée, à dire de deux experts, des biens qui devaient constituer ce douaire. C'est l'original de la ratification de l'assignation des biens par les deux experts qui repose aux Archives de France.

C'est dans cet acte que l'on trouve la citation d'un champ appelé : La culture des enfants de Zeecrabbe à Uccle (dans l'acte : *Ucle, de cultura filiorum Zeecrabbe*).

Notre savant historien a vu de suite l'intérêt que présentait ce passage, et il ne s'est pas trompé sur l'origine de cette dénomination, à en juger

(1) ANNALES DE LA SOCIÉTÉ MALACOLOGIQUE DE BELGIQUE, 1903. *Bull. des séances*, p. LIV.

(2) ALPH. WAUTERS, *Les premières années de Jean I^{er}*. (BULL. ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XL, 1876, p. 351.)

par les lignes suivantes que je transcris littéralement : « Ce nom, qui s'est conservé jusqu'à nos jours dans celui d'*hof te Zeecrabbe*, donné à la propriété de la famille de Thysebaert, près de Bootendael, n'est pas indigne d'attirer notre attention. Il provient évidemment des débris de mollusques et, en particulier, de crabes (crabes marins ou *zeecrabbe*), que le sol y recèle. Récemment, lorsque l'on a construit à proximité de cet endroit une grande tranchée pour le passage du chemin de fer de Bruxelles à Luttre, la pioche en a mis au jour en grande abondance (1). »

Nous ne pouvons que confirmer les dires de M. Wauters. Si l'on examine en effet la position de la propriété de *Zeecrabbe* sur la Carte géologique au 40000^e (feuille Uccle-Tervueren par M. Mourlon), on constate que cette propriété, renseignée d'ailleurs sous ce nom sur la carte, se trouve tout près du contact du terrain bruxellien sur l'Ypresien. Or ce contact, on le sait, est, dans la région de Bruxelles, marqué par la présence d'un cailloutis riche en débris de crustacés provenant de l'Ypresien, dont ils ont été enlevés par les eaux de la mer bruxellienne.

Tous les géologues connaissent le gisement classique de ces crustacés, que l'on trouve dans la tranchée près de la gare d'Uccle-Calevoet, et qui est sans doute la tranchée à laquelle M. Wauters fait allusion avec tant de raison.

Ainsi donc, à l'époque si reculée dont nous venons de parler, et peut-être encore plus anciennement, l'esprit observateur de nos ancêtres leur avait fait découvrir ces curieux restes fossiles. Et bien loin de faire comme ailleurs, où l'on donnait aux fossiles les noms les plus bizarres, le gros bon sens de nos populations flamandes leur avait fait attribuer à ces restes le vrai nom qui leur convenait.

Première tentative d'une carte géologique gouvernementale en Belgique.

Pendant la courte période de quinze ans où nos destinées ont été unies à celles de la Hollande, la Belgique fut régie par le roi Guillaume I^{er}. Le mal que ce souverain causa à la Belgique au point de vue politique a fait trop facilement oublier les importants services qu'il a rendus à notre pays au point de vue industriel. Quoique d'un pays où les mines étaient totalement inconnues, le roi Guillaume avait une très grande prédilection pour l'industrie en général et pour l'industrie

(1) Cf. *op. cit.*, p. 371.

minière en particulier. Il a montré pour elles des dispositions plus libérales et plus intelligentes que ses successeurs actuels, malgré le siècle de progrès qu'il y a entre eux et lui. Je n'en veux pour preuve que l'établissement de la concessibilité des mines de fer, la création de la Société générale pour favoriser l'industrie, sa coopération à la fondation des établissements Cockerill, à Seraing. Il a rendu ainsi à notre pays des services importants qui peuvent faire oublier bien des torts qu'il a eus.

Je veux aujourd'hui rappeler deux de ses créations moins connues qui rentrent dans le même ordre d'idées et qui montrent aussi combien il avait, même au point de vue de la science, des vues élevées et justes. Le roi Guillaume savait combien les progrès des sciences importent à la bonne marche du progrès industriel et économique. Voulant activer autant que possible le développement de notre industrie minérale, il comprenait combien la connaissance géologique des gisements était indispensable et il avait institué un Comité technique chargé de parcourir le pays pour recueillir les matériaux en vue de la confection d'une carte géologique du royaume, qui eût été ainsi une des premières tentatives gouvernementales de l'espèce en Europe. Ce comité comprenait surtout des officiers du génie, parmi les plus actifs desquels nous trouvons le nom du major Van Swieten qui, toute sa vie, s'intéressa à la géologie appliquée et dont les connaissances furent mises à profit par ses compatriotes dans le Limbourg hollandais lors des recherches de houille de 1855-1856.

Ces officiers parcoururent la partie méridionale de notre pays, étudiant spécialement nos gisements métallifères et houillers et délimitant notre grand bassin du Hainaut. Comme résumé de leurs travaux, ils ont laissé un grand nombre de rapports dont le réel intérêt fait regretter vivement qu'ils soient restés dans l'oubli pendant près de trois quarts de siècle. Venant ainsi au jour après plusieurs générations de travailleurs, ils ont naturellement perdu l'attrait de l'actualité, mais il importait, spécialement au point de vue de la justice, de ne pas les laisser passer complètement inaperçus. Et puisque je suis ici sur ce terrain de justice, je ne saurais non plus passer sous silence que ces rapports doivent d'être venus jusqu'à nous, aux bons soins d'un homme à qui la Belgique doit tant de reconnaissance, je veux parler de Ph. Vandermaelen, qui avait acquis ces rapports, je ne sais comment, et les conservait dans sa bibliothèque. Il est d'autant plus étonnant que ces documents lui soient tombés dans les mains que le Gouvernement hollandais gardait jalousement ses archives. Ainsi,

lorsque les événements de 1830 lui eurent arraché les provinces où se trouvaient ces gisements métallifères pour lesquels il avait un faible, Guillaume I^{er} conserva avec opiniâtreté les archives de l'administration des mines pour la période de 1815 à 1830, et c'est comme cela que l'on trouve à La Haye bien de précieux documents dont la place devrait être chez nous. Il lui semblait sans doute qu'en les conservant, malgré qu'elles lui fussent devenues inutiles, ces paperasses lui rappelaient ses chers gisements miniers.

J'ajouterai, pour terminer, que les renseignements sans doute fort incomplets que j'ai eus sous les yeux montrent que le Comité géologique présenta sa plus grande activité dans les années 1820-1827, donc, comme nous allons voir, à l'époque du fonctionnement d'une institution qui avait sans doute des liens assez étroits avec le Comité géologique.

Création d'un Musée d'histoire naturelle à Bruxelles sous la période hollandaise.

Le premier Musée officiel d'histoire naturelle que la Belgique ait possédé est vraisemblablement celui qui s'était constitué, à la fin du XVIII^e siècle, sous les auspices de l'Académie. Ce Musée, qui provenait d'un choix fait dans les collections du prince Charles de Lorraine, était installé à l'ancienne abbaye de Cortenberg et placé sous la direction d'un éminent académicien de l'époque, j'ai nommé l'abbé Mann. Devenu, à la suite des troubles de la Révolution française, la propriété de la ville de Bruxelles, il fut transporté dans les locaux de l'ancienne Cour, où il resta près d'un siècle (1). Nous ignorons si ce Musée a eu des rapports avec celui dont nous allons parler, mais il est vraisemblable que non, car ce Musée resta, jusqu'en 1842, la propriété de la ville de Bruxelles, tandis que celui qui nous occupe ici fut l'œuvre du Gouvernement hollandais et eut des destinées tout autres.

Vraisemblablement, le roi Guillaume considérait la fondation de ce musée comme le corollaire obligé du service de la carte géologique, car nous le voyons, presque en même temps, par arrêté du 2 octobre 1817, décréter la fondation d'un musée à Bruxelles, sous le nom de « dépôt

(1) Ces renseignements sur l'origine du Musée royal de Bruxelles sont extraits de la brochure suivante : *Exposition nationale de 1880. Notice sur le Musée royal d'histoire naturelle de Belgique et sur les travaux qu'il expose*. Brux., F. Hayez, in-8°, 1880, 26 pp.

central de géologie et de minéralogie ». Ce dépôt eut, à l'origine, à sa tête un homme qui a laissé des traces dans la littérature scientifique belge, je veux parler de Dekin, conducteur des mines, mort vraisemblablement vers 1822-1825.

Des circulaires et des questionnaires furent envoyés aux exploitants de carrières et de mines de Belgique, aux fonctionnaires de l'Administration des Mines et des Ponts et Chaussées. D'après les réponses fournies à ces circulaires, il appert que le Musée reçut bon nombre d'objets intéressants. Quoique le but du Musée semble nettement défini par son titre, il reçut cependant des objets assez divers, notamment beaucoup d'antiquités rencontrées lors de travaux publics.

L'établissement, après avoir survécu quelques années à son premier directeur, tourna à rien, je ne sais pour quelle cause. En effet, alors qu'il était sous l'administration du baron Van Volden van Lombeke, il fut dissous par décret du roi Guillaume du 16 juin 1825. Ses dépouilles furent partagées. On venait justement de créer l'Université de Liège et d'y instaurer une école de mines. On y adjoignit, sous le nom de Cabinet de géologie, un musée comprenant les minéraux du dépôt de Bruxelles et l'on mit à la tête de ce Cabinet un conducteur de mines du nom de Crocq.

Les antiquités et médailles du dépôt de Bruxelles furent transférées à La Haye et les fossiles furent remis au Musée de Leyde, où ils se trouvent sans doute encore. Par un hasard assez extraordinaire, la suppression du Musée fut pour lui une cause de salut relatif. En effet, peu de temps après sa dispersion, le feu consuma entièrement les bâtiments dans lesquels il avait été installé.

Lors de la création du dépôt de Bruxelles, on semblait avoir perdu de vue l'existence du Musée existant dans cette ville. Il faut croire que ces institutions ne faisaient pas beaucoup de bruit, car nous voyons un fait semblable se produire à propos du Cabinet de géologie annexé à l'École des mines de Liège. En effet, lorsque, après les événements de 1830, on créa une nouvelle École des mines à Liège en 1838, on avait complètement perdu de vue le Cabinet de géologie. Par arrêté du 25 janvier 1841, on transféra à Liège, pour y être annexé à l'École, le dépôt créé à Bruxelles par l'arrêté de 1817 précité. On avait donc tout à fait oublié que ce transfert avait déjà été décidé par arrêté du 16 juin 1825. L'arrêté royal de 1841 ne fait, en effet, nulle mention de celui de 1825. Or, comme nous avons vu que le dépôt de Bruxelles avait été dispersé et les locaux brûlés, je me demande ce que l'on aura pu transférer de nouveau en 1841.

**La géologie appliquée et les travaux publics
à la fin du XVIII^e siècle.**

De nos jours, lorsque l'on établit les projets et devis de grands travaux publics qui nécessiteront de volumineux déblais ou des fouilles importantes, on a bien soin de s'assurer au préalable par des sondages et par des études géologiques de la nature des terrains que l'on va rencontrer. On sait, en effet, que la connaissance de ces terrains est capitale et influe dans des proportions considérables sur le coût et le succès des travaux. Les savants ingénieurs qui procèdent de cette façon on ne peut plus louable croient, sans doute, en agissant ainsi, être très progressistes. Cependant, dit-on, il n'y a rien de nouveau sous le soleil. Les faits que je vais rappeler en sont une nouvelle preuve. Je possède dans ma bibliothèque un intéressant imprimé portant le titre suivant : *Recueil intéressant des opérations faites dans le Hainaut, pour y découvrir la possibilité d'y creuser des canaux, ensuite des ordres de Sa Majesté l'Empereur Joseph II.*

Ce recueil, qui doit avoir été extrait d'un mémorial administratif que je ne connais pas, porte une pagination de 81 à 110. De format petit in-4°, il est accompagné de cinq plans finement gravés représentant le tracé d'un canal à construire du bassin de Mons vers la Dendre. En plus, le recueil comprend encore un grand tableau des houillères des environs de Mons et le dénombrement de 14,704 personnes y employées. La pièce ne porte ni date, ni lieu, ni nom d'imprimeur.

Le dossier comprend un grand nombre de pièces intéressantes, montrant avec quel soin le projet de canal avait été établi sous les auspices des États du Hainaut. Au point de vue spécial qui nous occupe, il comprend les deux pièces suivantes :

1° « Note des sondes à faire dans les endroits où le nouveau canal projeté doit passer depuis Lens jusqu'aux étangs d'Erbiseul, comme il est marqué sur le plan avec les numéros. On indique dans cette note et sur les plans annexés la position de 12 sondages à pratiquer le long du tracé. » On y a ajouté l'observation suivante : « Celui qui sera chargé de prendre les susdites sondes aura la bonté d'observer que s'il trouve quelque roc ou rocher dans un endroit quelconque de ces points marqués ci-dessus, de continuer la sonde de 20 à 25 toises à la fois, pour reconnaître à quelle distance ces rocs ou rochers s'étendent, et d'en tenir note exacte, de toute espèce de terre qu'il rencontrera à chaque 5 à 6 pieds de profondeur, pour que l'on soit à même de faire

le calcul en conséquence... Fait à Mons, le 21 octobre 1784. Étaient signés : P.-F. Lippens, F.-J. Desaubleaux, M. Wanderpepen. »

2° « Besogné des sondes faites le 2 novembre 1784 et jours suivants, par le géomètre et architecte Michel-Joseph Wanderpepen, depuis Lens jusqu'au ruisseau situé en dessous les étangs d'Erbiseul, conformément à la note ci-jointe signée P.-F. Lippens, F. Desaubleaux et le sous-signé, en date du 21 octobre dernier, pour reconnaître le terrain pour servir au projet de prolongation de la navigation de la rivière de la Dendre jusqu'aux étangs d'Erbiseul. »

Cette note contient avec grand détail tous les renseignements sur les terrains recoupés dans les douze sondages réglementaires que l'on a faits, sans compter beaucoup d'autres, leur position étant bien indiquée sur les plans. Cette note porte la souscription suivante : « Ainsi besogné selon les notes données au soussigné, le 30 décembre 1784.

Était signé : M. Wanderpepen. »

Ces sondages ne furent pas inutiles, car on voit dans d'autres pièces que les tracés furent changés en certains points pour tenir compte des indications des sondages.

Le recueil contient ensuite des devis des travaux à exécuter pour le canal, et pour améliorer la navigation de la Dendre d'Ath à Termonde. On y voit aussi des renseignements sur le trafic probable du futur canal et c'est à titre de renseignement pour ce trafic que le recueil renferme le très instructif tableau de houillères dont j'ai parlé plus haut. On supposait, en effet, avec beaucoup de raison que le transport des houilles du Borinage vers les Flandres constituerait le principal client du canal. A cette époque, en effet, ces houilles, pour arriver en Flandre par l'Escaut, devaient sortir du territoire belge et subissaient à Condé toutes sortes de taxes et d'entraves. Tout bien considéré, on peut dire qu'à part le fini et l'exactitude des détails, nos projets actuels ne se distinguent guère de leur aïeul centenaire.

Quelques passages oubliés de vieux livres minéralogiques.

§ I. — Le XVIII^e siècle a été, au point de vue des sciences et de la technologie, une période de grand progrès, que les glorieux lauriers de son successeur ont fait trop oublier. Ce progrès se manifeste surtout par l'éclosion d'une riche littérature technique. C'est l'époque des grands traités et des vastes encyclopédies, compendieux et copieusement illustrés, qui frappent d'admiration celui qui les lit et qui méritent d'être

mieux connus et appréciés. Tel est le cas pour un livre qui me tombait récemment sous la main et qui est un ancêtre des plus respectables de nos beaux traités des gîtes métallifères. Je veux parler du travail intitulé : BRUCKMANN, F. E., *Magnalia Dei in locis subterraneis oder unterirdische Schatzkammer aller Königreiche und Länder in ausführlicher Beschreibung aller mehr als 1600 Bergwerke... Nebst Anmerkung wo Edelsteine zu finden*. Brunswick, 1727, 2 vol. in-folio avec nombreuses planches.

Je n'ai pas eu la patience de compter si cet ouvrage contient bien la description de 1600 mines, comme l'indique son titre germano-latin. Mais ce que je sais, c'est qu'il renferme des faits très intéressants et des renseignements précieux sur l'industrie minière à cette date reculée.

Quand on songe même à cette date, aux difficultés de communications, on ne peut s'empêcher d'admirer l'initiative de l'auteur qui a conçu le plan d'un ouvrage pareil et a su rassembler les vastes matériaux qu'il contient. Ne pouvant tout voir par lui-même, l'auteur devait, dans la plupart des cas, se fier aux indications qu'on lui donnait et dont il n'avait guère le moyen de tenter la vérification. C'était là le point délicat de son œuvre, et nous aurions mauvaise grâce, aujourd'hui, à lui en faire un grief. Pour beaucoup de pays où il avait sans doute des correspondants sérieux, ses descriptions paraissent véridiques. Tel est le cas naturellement pour l'Europe centrale. Quant à la Belgique, il faut croire que ses renseignements lui ont été fournis par un fumiste quelconque, car il y en a de la plus haute fantaisie. Ainsi vous ne vous êtes jamais figurés sans doute que notre pays, si riche en productions minérales de tout genre, renfermât cependant des gisements de pierres précieuses. A en croire Bruckmann (1), tel serait cependant le cas, et il y aurait en Belgique des gisements de diamants, rubis, améthystes, saphirs dont l'éclat égale la beauté et qui auraient la propriété de guérir beaucoup de maladies et notamment la fièvre. Ces pierres précieuses se trouveraient dans un champ près de Dinant.

Ainsi donc, que chacun ouvre l'œil. Si le hasard ou la poursuite des sites pittoresques vous amène dans ces régions, ayez soin de jeter de temps en temps un regard à vos pieds. La fortune vous attend peut-être à quelque coin de chemin !

§ II. — L'ouvrage de Bruckmann contient, comme on vient de le

(1) Tome I, chap. VIII, p. 38. — Le travail de Bruckmann renseigne aussi que dans les Flandres, à Vilvorde et à Doornick (Tournai), on tire de la terre à porcelaine, expédiée en Hollande (t. II, chap. VII, p. 27).

voir, des lapsus qui prouvent qu'au XVIII^e siècle le sens critique était difficile à exercer. Dans l'ouvrage suivant, le cas est plus grave et quoiqu'il soit de plus d'un demi-siècle plus récent, nous allons voir s'étaler une grosse bourde sous la plume d'un auteur cependant compétent et estimable, le minéralogiste Rozin (1).

Je reproduis textuellement, pour ne pas lui ôter sa saveur, un passage où il parle de gisements de mercure de Belgique.

« Les mines de cinabre... Il s'en trouve même dans la Belgique, quoiqu'elles ne soient point exploitées. A Biamont, près de Soignies, département de Jemappes, il y a une grande étendue de terrain tenant du cinabre, et dont le vif-argent, volatilisé pendant la chaleur du jour en été, se condense par la fraîcheur de la nuit et se dépose en globules dans certaines feuilles, formant une espèce de cornet, telles que celles de l'Alchimille, de la Mauve et autres. »

Ne croirait-on pas entendre parler un alchimiste? Autant de mots, autant d'erreurs. A part le fait controuvé de la présence du cinabre, un homme de science devait savoir que le cinabre ne se décompose pas à la simple chaleur du soleil; que même dans ce cas, le mercure n'attendrait pas la nuit pour se condenser, et que, à moins d'une abondance prodigieuse, on n'en trouverait pas dans des fleurs à proximité. Un paysan loustic aura fait remarquer à quelqu'un les gouttes de rosée matinale qui tremblent dans le calice des fleurs, et auxquelles les feux du soleil levant communiquent l'éclat du métal. Peut-être lui aura-t-il fait accroire qu'il s'agissait là de vif-argent, et la chose colportée aura été gravement avalée par Rozin.

Les ancêtres de nos chevaliers d'industrie.

L'humanité a eu de tout temps un faible pour l'exploitation des mines. On l'a dit avec raison, au fond de tout homme il y a un joueur. Or l'exploitation des mines satisfait cet instinct de jeu qui est en nous. Par ses péripéties soudaines, par ses gains extraordinaires et subits, par l'incertitude qui plane toujours sur ses résultats, cette industrie tient l'homme dans une fièvre perpétuelle. Une fois que certains tempéraments ont goûté de ce jeu, ils ne peuvent plus s'en passer, et alors il se trouve toujours quelqu'un pour exploiter cette passion, qui, arrivée

(1) ROZIN, *Essai sur l'étude de la minéralogie avec application au sol français et surtout à celui de la Belgique*. Brux., in-8°, 1802, imp. Cutot, 332 pp. de texte, xxxvi pp. de tables.

à un certain degré, ôte, comme toutes les passions, sa clairvoyance à l'homme.

Un des princes dont le nom est resté le plus sympathique aux Belges, Charles de Lorraine, avait un goût très vif pour l'industrie et les mines. Il a rendu de grands services à notre pays en y introduisant plusieurs industries nouvelles, et il était passionné pour la recherche des mines.

Notre pays ne lui offrant pas, à cet égard, toutes les satisfactions qu'il aurait désirées, il se trouva naturellement quelqu'un pour les lui fournir (1). Nous trouvons des détails sur ce point intéressant du caractère du grand prince dans un beau travail que M. Éd. Laloire a fait paraître sous le titre suivant : LALOIRE Éd., *Recherches de mines dans les Ardennes en 1754*. (*Bulletin de la Société d'art et d'histoire du diocèse de Liège*, t. X, 1896, pp. 293-315.) Je renvoie à ce travail très complet ceux qui seraient désireux d'en savoir davantage. Qu'il me suffise de dire qu'un seigneur d'Arquennes, du nom de G.-J. de Moors, fut chargé de parcourir les Ardennes à la recherche de mines et d'objets anciens dignes de figurer dans le cabinet d'histoire naturelle du Prince, tels que fossiles et minéraux. Le travail de M. Laloire est plein de détails intéressants sur les pérégrinations de de Moors, sur ses rapports fantastiques et aussi sur les sommes qu'il soutira au budget des fonds secrets (*gastos secretos*) de l'époque. M. Laloire termine son travail par une intéressante liste des mines découvertes par de Moors. Parmi celles-ci, il en est qui ont réellement existé et qui ont été exploitées depuis, mais l'indication de mines d'or, d'argent, de cuivre, d'étain et de soufre dans de nombreuses localités belges suffit assez pour montrer que si, pendant la période 1734-1755, il émargea largement aux fonds secrets, ses découvertes n'enrichissaient pas notablement la nation ni ses protecteurs.

Une légende minière.

L'homme est partout le même, et sous l'empire des mêmes circonstances, sans qu'il s'en doute, il pose les mêmes actes et il forme les mêmes jugements. Des gens qui n'ont jamais eu la moindre relation

(1) C'est au cours de la lecture de ma communication que M. Cumont m'a engagé à y faire figurer l'histoire de ce détail de la vie de Charles de Lorraine que je connaissais par le travail de M. Laloire. J'ai acquiescé volontiers à son conseil, le travail en question étant d'ailleurs publié dans une revue peu répandue. C'est du reste aux recherches de notre confrère, M. G. Cumont, que le travail de M. Laloire dut d'avoir vu le jour.

seraient bien étonnés si on leur montrait que d'autres ont eu, sur les mêmes sujets, exactement les mêmes idées. Cette réflexion m'est déjà venue plus d'une fois à l'esprit et encore tout récemment dans une circonstance nouvelle, à propos de recherches de charbon que l'on fait quelquefois dans des régions impossibles, sur les indices les plus vulgaires. Qu'arrive-t-il dans ce cas ? Les recherches ne peuvent donner et ne donnent en réalité aucun résultat. Mais pour les gens du pays, désappointés dans leur espoir de voir leur contrée s'enrichir soudainement, les choses ne paraissent pas aussi simples. Il s'établit dans leur cerveau, surtout quand le temps a jeté sur les recherches son voile obscurcissant, il s'établit, dis-je, une opinion plus légendaire. Une recherche de mines doit toujours réussir. Donc, si elle n'a pas réussi, ce n'est pas faute de trouvailles, mais c'est parce qu'il y avait des gens intéressés à sa non-réussite. Voilà le thème sur lequel se brode la légende à laquelle je veux consacrer ces quelques lignes. Et comme on va le voir, quel que soit le pays, on ne se met pas en frais, la légende reste identique à elle-même.

On a fait en Belgique, il y a bien des années, à Sart-Messire-Guillaume, hameau de Court-Saint-Étienne, des recherches de charbon qui avaient alors quelque apparence de fondement, car elles se faisaient dans les phyllades noirs graphiteux de l'assise cambrienne de Mousty (*Rv. Revinien* de la Carte géologique belge). Des gens sans connaissances géologiques pouvaient s'y laisser prendre, mais le succès était impossible. Lorsque je suis allé visiter ces recherches, je me suis laissé dire que les recherches avaient abouti et que l'on avait trouvé du charbon. Que si aucune exploitation ne s'en était suivie, c'est que les charbonniers du pays de Charleroi, alarmés de la concurrence que ce charbon allait leur faire, étaient accourus, avaient tout acheté et comblé les puits de recherches pour faire croire à un insuccès.

Voilà l'histoire dans toute sa simplicité. Faisons une petite excursion en Angleterre : nous allons la retrouver absolument pareille, les personnages seuls auront changé et les gens de Charleroi feront place à ceux de Manchester.

En étudiant un jour les couches inférieures au Houiller productif, mon attention fut attirée par des traces de puits creusés dans des couches de schiste noir appartenant à l'assise appelée en Angleterre *Yoredale beds* et qui correspond à notre assise stérile de Chokier. Ces schistes, qui se trouvaient sur le bord du bassin houiller de Burnley dans le Lancashire, ne renferment jamais de traces de couches de charbon. Un paysan m'a cependant soutenu sur place que du beau charbon gras

y avait été trouvé, mais que les gens de Manchester, par crainte de concurrence, avaient corrompu les chercheurs et fait tout combler.

Il a paru, il y a très peu de temps (1), un ouvrage très curieux où sont relatées les tentatives séculaires que l'on a faites pour trouver du charbon dans le département des Ardennes françaises. Un passage de ce livre m'a frappé. On y rapporte que dans une de ces recherches, on aurait rencontré du charbon. Malheureusement, au dire des gens du pays, la découverte n'a eu aucune suite, car les Belges, etc. Je n'ai pas besoin de vous dire le reste de l'histoire. Elle est calquée sur les deux autres. Rien n'autorise la moindre idée qu'on aurait en réalité trouvé du vrai charbon.

Il est inutile de dire que tous ces racontars sont faux. Si des découvertes avaient réellement été faites, les Anglais, les Belges et même les gens des environs de Charleville sont assez industriels et assez intelligents pour savoir qu'en pareil cas il y a quelque chose de beaucoup plus profitable à faire que de combler des puits par crainte d'une concurrence. Et ce quelque chose, c'est d'exploiter le charbon découvert, quitte aux charbonniers de Charleroi, de Manchester ou de Liège à se tirer d'affaire avec la concurrence. Lorsque des découvertes ont été réelles, ce n'est pas le silence qui se produit, c'est la fièvre de l'or, la fièvre du phosphate ou, comme tout récemment en Campine, la fièvre noire, qui révolutionnent les pays.

M. Kemna. — La communication de M. Stainier prouve une fois de plus qu'il y a toujours avantage et intérêt à relire les vieux livres. Il n'est même pas nécessaire de remonter de cent ou cent cinquante ans en arrière. La science de la nature a si rapidement progressé que souvent les opinions d'il y a une cinquantaine d'années à peine nous frappent d'étonnement. J'en citerai deux exemples, qui peuvent figurer sans déshonneur dans la galerie de M. Stainier.

En rassemblant les matériaux pour une esquisse biographique de Gegenbaur (publiée par la Société zoologique et malacologique de Belgique), je suis tombé sur un travail sur l'embryologie des mollusques terrestres. Gegenbaur constate que les globules de segmentation de l'œuf n'ont pas de membrane; il leur dénierait le caractère de cellules, si la suite du développement ne montrait que les vraies cellules avec

(1) L. DUQUÉNOIS, *Historique des recherches et théorie géologique du bassin houiller ardennais*, broch. grand in-12, 1903, 120 pp., 3 cartes, Mézières-Charleville, éditée par le journal *L'Usine*.

membrane ne peuvent provenir que de ces globules nus. Le travail date de 1850; à cette époque, la membrane était considérée comme une partie essentielle et nécessaire de l'organisme cellulaire. Gegenbaur n'a pas pu constater des contractions de la substance fondamentale de l'œuf (nous dirions aujourd'hui : des mouvements améboïdes du protoplasme), fait avancé par Dujardin; en conséquence, il déclare ne pas pouvoir accepter la notion de sarcode. Gegenbaur, rejetant la notion de sarcode, nous semble chose à peine croyable.

Un des faits les mieux acquis de la paléontologie est l'imperfection du squelette interne des Poissons primitifs; l'ossification n'a que fort graduellement remplacé le cartilage autour de la corde, comme cela a lieu encore aujourd'hui dans le développement individuel des poissons osseux. Cette concordance entre l'évolution paléontologique et l'embryologie a été signalée par Agassiz. Or, la Bibliothèque royale de Bruxelles possède l'exemplaire de Johannes Müller des *Poissons du vieux grès rouge* (1844). Cet exemplaire, comme celui du grand ouvrage *Les Poissons fossiles*, porte beaucoup de notes au crayon, des rectifications sur les planches, etc. Certaines de ces notes, par exemple sur les tableaux de classification, sont remarquables par leur prescience. A la page 60, à côté du passage où cette belle généralisation est développée, se trouvent écrits les mots : « *Dummes Zeug* », en bon français, mais peu académique : « Des bêtises ».

M. Kemna lit à son tour une note bibliographique concernant la première partie du nouvel ouvrage du professeur Zittel intitulé : *Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie)*, 1^e Abth., *Invertebrata*.

Ce travail prendra place dans le *Bulletin bibliographique*, publié en annexe à la séance.

La séance est levée à 10 h. 50.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 15 DÉCEMBRE 1903.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

KARL A. VON ZITTEL. — **Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie)**, 1^e Abtheilung, *Invertebrata*. Gr. 8^e, 564 pages, 1 405 gravures. Éditeurs : R. Oldenbourg, à Munich. — Prix relié : Mk 16.50.

Si jamais la formule de la lacune comblée a pu être justement appliquée, c'a été pour la publication du grand traité de paléontologie, le *Handbuch* en cinq volumes de Zittel. Lors de l'apparition du premier fascicule en 1876, les ouvrages similaires étaient tous plus ou moins vieillis ; non pas tant par le nombre absolu des années écoulées, que par la marche rapide des découvertes et surtout des idées : la théorie de l'évolution était venue bouleverser les fondements mêmes de la science. L'ouvrage de Zittel est le premier qui ait traité l'ensemble des faits paléontologiques d'après la notion de la descendance.

Les grands traités classiques ont rarement les honneurs de la traduction. Le labeur serait considérable et l'utilité minime. Les spécialistes auxquels sont destinés ces volumes pondéreux connaissent tous les trois langues générales : allemand, anglais et français. Les particuliers achètent peu ces ouvrages coûteux, faits pour les institutions officielles et les bibliothèques. La clientèle mondiale ne suffirait pas pour faire vivre trois éditions simultanées.

Généralement, les auteurs tirent de leur travail quelque chose comme une seconde mouture : un exposé plus concis, négligeant le détail pour se borner à l'essentiel. Le titre de *Handbuch* est remplacé par celui de *Grundriss* ou de *Grundzüge*. Ces livres s'adressent à un cercle plus étendu, à l'étudiant et à l'amateur. Quand ils sont bons, ils sont vite traduits. C'est ce qui a eu lieu pour le Précis de Paléontologie de Hoernes, dont notre collègue Dollo a donné une version française.

Zittel a aussi publié des *Grundzüge*, qu'un ancien élève de l'auteur, le professeur Ch. Eastman, de Harvard. Mass., a traduits en anglais.

Cette édition anglaise a été profondément remaniée. Les divers chapitres ont été confiés à des spécialistes. Charles Wachsmuth a refait l'histoire des Crinoïdes et des Blastoïdes; Percy Sladen, les Échinodermes; E.-O. Ulrich, les Bryozoaires; Charles Schuchert, les Brachiopodes. Le Dr Hinde, de Londres, a fourni des notes sur les Conodontes. Pour les Trilobites, le professeur C.-E. Beecher était tout naturellement désigné, comme ayant décrit les membres de ces curieux fossiles. Il y a encore à mentionner W.-H. Dall (Lamellibranches et Gastéropodes), Alpheus Clark (Céphalopodes), Scudder (Insectes), J.-M. Clarke (Crustacés); et pour les Vertébrés : A. Smith Woodward, Williston, Lucas. Chaque spécialiste retrouvera ici le nom de ses autorités.

Mais il est difficile de mesurer l'espace à des autorités. Les chapitres ont gagné en valeur scientifique, mais aussi en étendue et en durée de publication. Commencée en 1896, la traduction anglaise n'est pas encore terminée en 1905; il manque le dernier volume, les Vertébrés. L'ouvrage est devenu quelque chose d'intermédiaire entre le *Handbuch* et les *Grundzüge*. Toutes ces modifications ont été faites du consentement et avec la collaboration de l'auteur.

La première édition allemande du résumé ayant été assez rapidement épuisée, le professeur Zittel a basé la deuxième édition sur la traduction anglaise, mais en restreignant quelque peu les développements. L'ouvrage comportera deux volumes, dont le premier, consacré à l'ensemble des Invertébrés, vient de paraître.

Si le résumé a été fait après le traité détaillé, ce n'est pas que telle était l'intention primitive de l'auteur. Il voulait écrire un livre plus modeste; mais le travail préliminaire de coordination des matériaux l'a amené, un peu malgré lui, à donner à son ouvrage une extension beaucoup plus considérable. Au point de vue de la logique et de la méthode, cela n'a rien d'étonnant. Pour résumer, il faut avoir au préalable un ensemble plus vaste; l'essentiel, auquel se limite un traité élémentaire, est le résultat d'un choix, par élimination de l'accessoire. Celui qui connaît tout juste autant qu'il enseigne, est un piètre instituteur; c'est une des raisons pour lesquelles les sciences naturelles sont méconnues et défigurées dans l'enseignement primaire. Une connaissance plus étendue chez l'écrivain est toujours un avantage pour le lecteur; sous ce rapport, il est assez inutile de déclarer que le savant paléontologiste de Munich offre toutes les garanties.

Haeckel se plaint quelque part de l'indifférence de beaucoup de

paléontologistes à l'égard de la théorie de l'évolution, et des idées philosophiques en général. C'est un peu le cas de toutes les branches où la subdivision du sujet permet la constitution de groupes très limités de spécialisation. Le même état d'esprit règne dans l'entomologie. La paléontologie est fille de la géologie et a parfois quelque peu souffert de cette parenté. Le géologue amateur s'attache naturellement aux terrains de son voisinage immédiat; il demande à la paléontologie de lui faciliter, par la détermination des fossiles caractéristiques, l'identification des couches; il s'attachera aux plus menues différences pour créer des espèces distinctes dans les diverses strates; un organisme qui traverse plusieurs terrains en restant identique à lui-même est un mauvais fossile. Les détails font alors perdre de vue l'ensemble.

Pourtant, s'il est une science où l'idée de filiation et de continuité doit s'imposer à l'esprit, pour peu qu'on regarde de haut, c'est précisément la paléontologie. Je lisais dernièrement dans le grand ouvrage de Zittel, le beau chapitre sur les Crocodiliens fossiles, et je comprenais qu'un homme, comme le premier Geoffroy Saint-Hilaire, ait été inspiré jusqu'à combattre le dogme de l'immuabilité de l'espèce et entamer la célèbre discussion à l'Académie des sciences de Paris en 1850. Après le livre de Darwin, il n'a pas manqué de paléontologistes pour apporter des arguments; beaucoup de séries évolutives ont été signalées et graduellement complétées; pas un seul travail de quelque valeur qui ne fût basé sur la notion transformiste. Comme nous l'avons dit en commençant, ce qui manquait, c'était un livre classique rédigé dans l'esprit nouveau. Le *Handbuch* de Zittel insiste sur les faits, dans la mesure où ils ont de la portée pour la question de phylogénie; pour chaque groupe zoologique, il y a un chapitre sur la répartition verticale, c'est-à-dire la succession dans le temps, des organismes considérés. L'auteur discute généralement alors les questions de phylogénie et donne souvent des arbres généalogiques. Ces chapitres constituent l'intérêt de l'ouvrage.

Quelque paradoxal que cela paraisse, au point de vue logique, ils n'en constituent pas l'élément essentiel. Que l'on se demande, en effet, à qui ces livres sont destinés et comment ils sont utilisés. Les spécialistes les consultent pour se remémorer rapidement les faits et non pour y puiser des idées toutes prêtes; car ils tiennent à juger par eux-mêmes, à arriver à des conclusions d'une façon indépendante. Les généralités, les considérations philosophiques ne sont nullement déplacées dans un grand traité; mais c'est une question de savoir si on les lit beaucoup.

Tout autres sont les besoins de l'étudiant ordinaire, de l'amateur, de l'homme éclairé qui veut savoir quelque chose de la nature. Ils désirent connaître ces conclusions, ce renseignement ultime de la science, sans avoir à refaire le pénible travail d'induction du savant. Certes, la base concrète est toujours d'une indispensabilité absolue; mais il suffit d'un nombre limité de faits, soigneusement choisis, pour donner aux conclusions générales une base objective. On pourrait donc parfaitement concevoir un livre élémentaire composé principalement de ces chapitres généraux, avec les détails descriptifs suffisants, pour que les êtres cités comme exemples représentent, pour le lecteur, autre chose que des mots barbares.

Le prospectus de la nouvelle édition des *Grundzüge* permettait de croire que c'est ainsi que Zittel avait compris sa tâche. Il déclare que l'un des buts principaux de la paléontologie est la constitution d'un système de classification, concordant avec les données de la morphologie et de la phylogénie; il dit que ce côté de la question « a reçu de la part de l'auteur une attention toute spéciale ». Je m'attendais donc à retrouver les chapitres généraux du *Handbuch*, avec leurs tableaux de descendance et leurs arbres généalogiques, plus développés et plus expliqués, mis au courant des dernières recherches et des vues les plus récentes.

Il y avait toutefois quelque chose que je ne comprenais pas bien. Le prospectus donnait les *Grundzüge* comme « basés sur la méthode d'exposition et la disposition des matières du *Handbuch* ». Comme les méthodes de ces deux sortes d'ouvrages sont si différentes, je me demandais comment on était parvenu à les concilier. Il est tout naturel que la réduction d'espace ait porté sur la partie descriptive; le prospectus dit que dans les groupes zoologiques très riches, on s'est contenté de simplement citer des noms. Mais la réduction semblait aussi avoir été appliquée à la partie phylogénique; on annonçait notamment la suppression des arbres généalogiques, leur justification exigeant des détails dans lesquels il est impossible d'entrer. Il aurait été suffisamment tenu compte des relations génétiques « par une disposition appropriée de la matière et par de courtes indications ».

L'examen du livre montre que la partie phylogénique a été notablement réduite. Les chapitres résumant les groupes zoologiques se bornent généralement à donner la succession des formes dans les terrains, d'où résulte à la vérité l'impression d'évolution, sans que le fait soit spécialement mentionné. Pour chaque groupe, il y a comme introduction, une description anatomique, souvent mise en rapport

avec la phylogénie. Par exemple, pour les Crinoïdes, l'embryologie de *Antedon* est mise en rapport avec la structure des Crinoïdes paléozoïques. Les changements successifs du squelette brachial des Brachiopodes, la complication graduelle des sutures chez les Ammonites, la ressemblance d'un stade larvaire des *Limules* avec les *Trilobites*, sont mentionnés.

Mais il n'est rien dit au sujet des rapports qu'on a voulu établir entre les *Limules* et les premiers Vertébrés; les vues de Neumayr sur l'antériorité des Foraminifères arénacés dans le Carbonifère ne sont pas données; au chapitre des Insectes, quelques-unes des conclusions de Brongniart sont passées sous silence, alors qu'elles portent sur la grosse question de l'origine des ailes.

Un groupe important pour les fossiles, c'est celui des Polypes. L'auteur y consacre cinquante-huit pages. Deux chapitres sur la répartition géographique et verticale se bornent à mentionner les faits dans leurs grandes lignes, sans aucune indication de filiation. Parmi les descriptions, je trouve deux indications de cette nature: les Turbinolides sont les descendants probables des Cyathaxonides paléozoïques (p. 92); les Hydractinies mésozoïques dérivent des Stromatopores (p. 113). Quant à la « disposition appropriée de la matière », cela doit signifier que les genres se suivent dans un ordre d'énumération qui doit suggérer une filiation, pourvu que le lecteur lise attentivement les diagnoses et fasse lui-même les comparaisons. Mais franchement, rien de pareil ne ressort du fouillis des formes énumérées. Il est vrai que les Cœlentérés sont peut-être le groupe le plus difficile au point de vue de ses relations phylogéniques intérieures.

Ces remarques ne valent que dans la mesure où l'auteur a voulu faire de la phylogénie. Il visait un autre but encore: écrire un livre pouvant, dans la plupart des cas, remplacer le volumineux *Handbuch*, utile par conséquent à tous ceux qui ne peuvent se payer le luxe d'une bibliothèque complète; aussi, mettre le *Handbuch* au courant des derniers progrès de la science, par un livre qui serait comme un supplément et un index raisonné, tout aussi utile par conséquent à ceux qui possèdent déjà le grand ouvrage. Pour juger si ce but a été atteint, il faudrait être spécialiste à fond dans toutes ces branches. Mais le nom de Zittel signifie aussi quelque chose.

Du reste, voici un exemple, qui a l'avantage de toucher de près notre Société. La découverte du dimorphisme de taille initiale chez les Foraminifères a suscité des explications de la part de La Harpe, Munier-Chalmas et Schlumberger; le premier y voyait un dimorphisme

sexuel, les seconds un réarrangement fort compliqué des parties centrales après la première croissance. Nos *Bulletins* ont publié, en 1893, un article de M. Van den Broeck interprétant ces faits comme la suite de deux modes différents de reproduction. Ce travail ne me semble pas toujours avoir reçu des spécialistes l'attention qu'il méritait; il est mentionné par Zittel et apparaît dans son exposé sous son vrai jour : une hypothèse intéressante que, dans ses grandes lignes, les travaux indépendants de Schaudinn et de Lister sont venus confirmer en 1895.

Ce que nous avons considéré jusqu'ici, c'est la conception même de l'ouvrage, la catégorie logique dans laquelle il doit se classer. Il ressort de cet examen que le livre ne s'attache pas, d'une façon spéciale, aux fondements mêmes de la science, aux notions générales qui sont le résultat des études de paléontologie. A ce compte, et sans faire du purisme linguistique et philosophique, la propriété du titre de *Grundzüge* est discutable. La méthode est bien celle d'un traité, celle du *Handbuch*, et le titre de *Petit traité* serait le mieux en situation. Qu'on ne voie aucune intention mesquine de dénigrement dans ce titre. « Petit » est relatif, par rapport aux cinq volumes du *Handbuch*, mais est encore fort respectable pour deux fois 600 pages de texte serré. Quant à l'utilité comparée des deux catégories d'ouvrages, il faut bien reconnaître qu'elle est en somme plus grande pour l'ouvrage tel que l'a conçu et exécuté Zittel; les raisons qu'il donne pour en avoir fait comme un résumé et un supplément du *Handbuch* sont valides.

Le livre débute par des considérations sur le rôle de la paléontologie, ses rapports avec la biologie, la géologie, la géographie physique, l'embryologie, la phylogénie, la notion de l'espèce, la théorie de l'évolution. Ce sont naturellement des généralités connues, mais d'une lecture attrayante, parce que admirablement rédigées. C'est aux préfaces et aux introductions que l'on peut souvent le mieux juger les hommes, et le diagnostic porte ici : un esprit clair, calme et pondéré. Il est humain qu'un savant accorde de l'importance à la branche qu'il cultive; par conséquent, les appréciations comportent parfois une correction, par ce qu'on pourrait appeler l'équation personnelle de la spécialisation. C'est ainsi que Dana exagère quelque peu quand il dit de la Géologie que ce sont toutes les sciences réunies en une seule. Cela est vrai jusqu'à un certain point, mais n'est pas spécial à la Géologie; le logicien Alexandre Bain a montré qu'il en est de même pour toutes les sciences d'application. Zittel ne donne pas dans la grandiloquence et l'exagération. Il reconnaît, par exemple, que

l'embryologie seule permet déjà de faire de la phylogénie; mais il estime que « les arbres généalogiques ne peuvent cependant valoir comme bien fondés, que lorsqu'ils sont confirmés par des faits paléontologiques ». Que pareille confirmation soit hautement désirable, nul ne songera à y contredire; mais on peut faire des réserves sur cette confirmation, présentée comme une nécessité; d'autant plus que la paléontologie est rarement en mesure de le faire, ce que du reste l'auteur reconnaît. Une opinion très raisonnable est celle au sujet de la position de la science paléontologique : Zittel déclare expressément n'y voir qu'une partie de la Zoologie et de l'Anatomie comparée.

Ce dernier point a une certaine importance pratique. Il y a deux choses qu'on ne peut pas se figurer : faire de la zoologie sans se préoccuper des fossiles, faire de la paléontologie sans se préoccuper de la zoologie. Un traité de paléontologie est donc forcément quelque chose d'hybride, une zoologie déformée par les hasards de la fossilisation. Des groupes entiers sont absents; d'autres, comme les Crinoïdes, les Brachiopodes, les Bryozoaires, ont une importance exagérée : la Malacologie est remplacée par sa caricature, la Conchyliologie, car le paléontologiste est forcément dans la situation de ce type heureusement perdu de l'amateur qui, lorsqu'il avait acquis un exemplaire, s'empressait de se débarrasser de la bête qui est à l'intérieur. L'auteur court toujours le risque de donner trop ou trop peu de zoologie pure; on pourrait citer des livres récents, et des meilleurs, où il y en a trop peu. Zittel, tout en présupposant certaines connaissances, entre suffisamment dans les détails; ses résumés anatomiques au début de chaque groupe sont excellents et donnent la juste mesure. L'un des plus intéressants est celui sur la structure des polypiers, d'après M^{me} Gordon (miss Ogilvie). Naturellement, on ne doit pas chercher dans ces chapitres à apprendre une zoologie, même succincte; pour dix pages sur les coquilles, il y a deux lignes pour le système nerveux, l'appareil circulatoire, etc., mais comme adaptation de la zoologie aux besoins de la paléontologie, c'est parfait.

Puisqu'il s'agit d'un département de la Zoologie, la classification est à considérer, d'autant plus que l'auteur semble y attacher une certaine importance. Les éponges sont maintenues comme un phylum des Cœlentérés; généralement on les considère aujourd'hui comme une branche beaucoup plus distincte, fort séparée de tout le reste des Métazoaires. Les Bryozoaires et les Brachiopodes sont réunis comme « Molluscoïdes ». Enfin, et ceci est plus singulier, les Amphineures sont la troisième classe des Mollusques, après les Lamellibranches et

les Scaphopodes, sans un mot au sujet de la position tout à fait primitive qui leur est généralement attribuée aujourd'hui ; c'est comme si on mettait le Labyrinthodonte à côté des Crocodiles.

Pour chaque groupe, un tableau synoptique donne à la fois un résumé de la classification et la répartition aux diverses époques géologiques. L'utilité de pareils tableaux n'est plus à démontrer. Je signalerai une erreur au tableau de la page 163, pour les Crinoïdes, où *Allagecrinus* est indiqué comme devonien, alors que le texte, à la page 136, le renseigne comme carbonifère. C'est évidemment une erreur typographique, qui a échappé à la correction. Celle-ci, du reste, semble avoir été l'objet d'une attention toute spéciale et fait honneur aux élèves du maître, les D^{rs} Broili et Pompeckj, qui ont assumé cette tâche ardue. Outre cette barre mal placée, je n'ai rencontré qu'un *Artiniaria* pour *Actiniaria*, à la page 74.

Au point de vue typographique, je me permettrai encore une remarque. L'ouvrage est imprimé en caractères ordinaires ; la lettre allemande moyenâgeuse est définitivement exilée des ouvrages de science, malgré le prince de Bismarck, qui renvoyait les livres non en caractères gothiques, se disant trop vieux pour apprendre d'autres lettres. Mais dans certains mots avec deux s, l'un d'eux est long ; dans le chapitre des Foraminifères, j'ai rencontré le nom d'un M. *Reufs*, dont je n'avais pas entendu parler ; mais j'ai fini par m'apercevoir que je lisais mal et qu'il s'agissait du spécialiste bien connu Reuss. Comme le lecteur ne consent jamais à reconnaître qu'il y a inattention de sa part, c'est à l'auteur et à l'éditeur qu'il s'en prend. Supprimer cette case, et tout le monde sera content, à commencer par les typographes.

Pour le reste, la facture est excellente : une impression claire, lisible, du papier convenable, des marges pas trop grandes. Le livre est cousu au fil de fer, mais dans l'axe du pli des paquets, ce qui fait qu'il reste ouvert de lui-même, sans qu'on soit obligé, dans un mouvement d'impatience, de le « croquer » sur le genou.

Il y a encore les figures. L'excès en tout est un défaut, dit la sagesse des nations ; mais les figures font certainement exception, et d'ailleurs, la plupart des livres ne pèchent pas par ce défaut. L'idéal pour un livre de science serait de ne mentionner aucun objet concret sans le reproduire. Les *Grundzüge* de Zittel, avec 1 400 figures pour un peu plus de 500 pages, se rapprochent sensiblement de cet idéal.

En somme, voilà mis à la portée de tous un exposé par un maître incontesté, d'une science des plus attrayantes et des plus importantes. Souhaitons au livre une courte vie : qu'il s'enlève et vieillisse rapide-

ment; que dans quelques années il soit disparu, signe que l'étude de la Paléontologie scientifique se répand; que dans quelques années, il soit suranné et incomplet, signe que la Paléontologie progresse par de nouvelles découvertes. Et que Zittel soit encore là pour en faire une troisième édition, où la barre d'*Allagecrinus* sera placée dans le Carbonifère et où nous aurons quelques renseignements supplémentaires sur la phylogénie.

AD. K.

ROLLIN D. SALISBURY, Prof. of Geographic Geology (Univ. of Chicago), and WALLACE W. ATWOOD, Assistant in Geology (Univ. Chicago). — **The Geography of the Region about Devik's lake and the Dalles of Wisconsin.** (*Wisconsin Geological and Natural History Survey*. Educational series n° 1, *Bulletin*, n° V.)

Les auteurs se sont proposé, en dessinant à grands traits la géologie de l'État du Wisconsin, de produire un livre d'instruction ou, mieux encore, une série de leçons de choses destinées à initier la jeunesse américaine à l'histoire géologique de leur vaste pays. Ils y ont parfaitement réussi. Leur exposé est d'une lucidité admirable. On suit avec le plus vif intérêt les différentes phases de l'évolution géologique du sol. Ils nous montrent celui-ci à l'époque précambrienne, encore recouvert par la mer, qui y dépose des sables dont nous retrouvons encore aujourd'hui quelques restes épars sous forme de collines de quartzite. Après que le sol huronien fut émergé pendant une durée plus ou moins longue, la mer cambro-silurienne le recouvre de nouveau et y laisse une série de grès, de calcaires et de schistes, qui ont été enlevés par les progrès de l'érosion pendant la série innombrable de siècles qui se sont écoulés depuis ces temps reculés. Dans l'État du Wisconsin, on ne trouve que les termes inférieurs de la série, le *grès de Potsdam* et le *calcaire magnésien inférieur*, le premier d'âge cambrien, le deuxième correspondant à l'Ordovicien, qui témoignent encore de l'immersion cambrienne et silurienne. Avec la fin de l'époque silurienne, la mer se retire, et l'érosion continue son action incessante de nivellement, pendant que le sol se plisse sous l'action des forces profondes. Enfin, après l'époque tertiaire, les glaces recouvrent la plus grande partie de l'hémisphère arctique et leur action d'abrasion, se combinant avec le dépôt des formations glaciaires, modifie encore une fois, mais à un degré moindre, la surface du sol.

La contrée si bien décrite dans le livre entoure un coude de la rivière du Wisconsin. On y voit se dresser deux chaînes de collines dirigées Sud-Ouest — Nord-Est, constituant une espèce de Suisse saxonne, d'autant plus intéressante qu'elle surgit au milieu des *prairies* monotones qui s'étendent depuis les Grands-Lacs jusqu'aux Montagnes Rocheuses. Les restes de la chaîne turonienne, protégés d'abord par les dépôts plus récents des époques cambrienne et silurienne, ont été considérablement réduits par l'action continue de l'érosion. Ils forment encore deux chaînes de collines parallèles, dont la hauteur dépasse parfois 500 mètres, entourées de quelques buttes isolées (*monadnocks*), semées dans la plaine. Le noyau des collines est formé de quartzites huroniens, recouverts par le *grès de Potsdam* et par le *calcaire magnésien inférieur*. Le premier présente une belle stratification horizontale, qui lui a fait donner le nom de *dalles du Wisconsin*, et contribue beaucoup à la beauté pittoresque du pays.

Partant de cet exposé, les auteurs nous donnent une exposition systématique des progrès de l'érosion pendant les époques subséquentes et nous initient d'une façon complète à la géographie physique actuelle du pays. Un grand nombre de cartes, des figures schématiques et surtout une série de photographies admirables nous permettent de suivre sans fatigue les explications des auteurs, et nous voyons très clairement comment, pendant la longue suite des temps, grâce à une émergence du sol qui a persisté depuis les temps siluriens, s'est formée la pénéplaine qui occupe actuellement le centre du continent de l'Amérique septentrionale.

Nous passons ensuite à un épisode plus rapproché de l'histoire du sol des États-Unis. De même qu'en Europe, la période glaciaire a ici une importance considérable, et pour n'en citer qu'un vestige, il suffit de rappeler les lacs étendus et nombreux qui recouvrent le Canada et le Nord des États-Unis. Les glaciers de Keewatin, à l'Ouest de la baie de Hudson, et le glacier du Labrador, à l'Est, après s'être réunis vers le Sud, ont recouvert plus de la moitié du continent. Leur moraine terminale s'étend depuis le détroit de Juan de Fuca, suit le Missouri en descendant au Sud-Ouest, puis, à partir de l'Illinois, remonte au Nord-Est vers New-York et se prolonge jusqu'à la côte de la Nouvelle-Écosse. Dans l'État du Wisconsin, la moraine terminale, dirigée ici du Sud au Nord, décrit un angle rentrant, et le pays situé à l'intérieur de cette courbe ne présente pas les dépôts glaciaires qui recouvrent le reste de la contrée; c'est ce que les géologues américains ont appelé le *driftless area*. Les auteurs nous montrent, à l'aide de cartes topogra-

phiques détaillées, que le courant glaciaire a été arrêté par les collines du quartzite précambrien, dont quelques-unes dépassent encore aujourd'hui une hauteur de 500 mètres. Il est vrai que les glaces sont parvenues néanmoins à recouvrir la partie orientale de la chaîne de collines, tandis que celles qui passaient sur la plaine environnante ont continué leur cours et, rejoignant celles du côté opposé, ont continué jusqu'à la ligne du Missouri, où le glacier est venu se fondre. L'îlot formé par la partie occidentale des collines et la zone située au-dessous et protégée par les hauteurs ne présente pas de *drift*.

Les auteurs décrivent minutieusement les différents dépôts glaciaires, donnant des définitions claires et précises des nombreux termes spéciaux qui abondent dans les travaux des géologues américains, qui ont spécialisé ces formations. Les phénomènes glaciaires de l'Amérique du Nord présentent, mais sur une échelle incomparablement plus vaste, une grande analogie avec ceux que l'on observe dans les plaines du Nord de l'Europe, de sorte que la lecture de ce travail n'est pas sans utilité pour ceux d'entre nous qui s'intéressent à l'étude des phénomènes glaciaires de l'Europe septentrionale. C'est pourquoi nous sommes heureux de pouvoir le signaler, certains que ceux qui le parcourront y trouveront le même plaisir que nous avons eu à le lire.

Nous ne pouvons refermer ce livre sans nous empêcher d'émettre le vœu que les géologues belges veuillent bien aussi nous donner quelques travaux de vulgarisation, que l'on pourrait distribuer en récompense aux élèves de nos écoles, afin de les initier aux plaisirs scientifiques que leur donnera l'étude du sol de notre pays. Peut-être alors ne verrions-nous plus, dans nos Chambres, se répéter l'éternelle discussion sur les catéchismes plus ou moins orthodoxes dont on gratifie la jeunesse studieuse belge.

V. D. W.

J. GIRARD. — **L'évolution comparée des sables.** Paris, Librairie scientifique F. R. de Rudeval, 124 pages, 12 planches, 40 figures.

Le titre semblait promettre une étude pétrographique des sables et des considérations sur les divers modes d'origine des formations sableuses, mais l'auteur nous fournit plutôt une compilation d'un nombre énorme de travaux sur les sables, les vases marines, et sur les formations meubles du sol en général. Dans l'arrangement de ses notes, il n'a pas suivi de plan bien coordonné, de sorte que l'exposition reste confuse, et la lecture du travail en devient assez pénible.

Un grand nombre de planches et de figures relèvent l'intérêt des explications. Cependant, parmi les figures, nous devons signaler le numéro 18, qui, sous la désignation de « fulgurite », ressemble malheureusement beaucoup trop à une concrétion cristalline constituée par formation secondaire au sein du sable. Parmi les planches, nous tenons surtout à signaler la planche IV, qui représente la disposition des dunes du Grand-Erg du Sahara. Le sable s'y dispose, au gré des vents, en longues vagues plus ou moins parallèles; il s'est creusé dans le plateau du Sahara un immense bassin, dont le bord Sud, disposé en falaise, continue à se creuser dans les plateaux du Tademayt et du Tinghert. On pourrait même pousser plus loin cette comparaison avec les flots de la mer, car l'océan de sable saharien a des pluies, que nous voyons périodiquement tomber sur une étendue énorme, et qui ont surtout été étudiées depuis les Canaries et les Açores jusqu'en Scandinavie.

Il serait difficile de suivre l'auteur dans son exposé de faits si touffu. Nous signalerons cependant les nombreux renseignements qu'il nous donne sur le mouvement des sables, des vases et des galets, le long de la côte qui s'étend depuis le golfe de Gascogne jusqu'au Jutland, et même jusqu'à la rive allemande de la Baltique. Il a surtout réuni les observations provenant des grands travaux que les ingénieurs ont dû exécuter en plusieurs points pour protéger la côte contre les attaques de la mer, et pour maintenir sa stabilité, pour autant que l'on puisse employer ce mot, même si on ne tient compte que des données géologiques provenant des périodes les plus récentes.

Nous espérons que l'auteur continuera à récolter les observations au sujet des phénomènes de circulation des produits meubles du sol, et qu'il s'efforcera de les grouper d'une façon de plus en plus méthodique.

V. D. W

STANISLAS MEUNIER. — **Sur la puissance de la formation nummulitique à Saint-Louis au Sénégal.** (*Comptes rendus Acad. Sciences*, 25 janvier 1904.)

Il résulte des échantillons d'un forage de puits actuellement en cours, qui a atteint 427 mètres de profondeur, qu'on a traversé, sur 40 mètres (200 mètres de la surface à 240 mètres), un calcaire blanc rempli de grosses Nummulites, ressemblant beaucoup à la *Nummulites laevigata*

Lam. du Calcaire grossier parisien. Cette formation, dont l'analogie avec les dépôts égyptiens bien connus saute aux yeux, est surmontée dans le forage par 200 mètres de couches remarquables par leur variété. Les 22 premiers mètres consistent en sable superficiel (12^m,40) et en argile renfermant des débris peu déterminables de coquilles évidemment actuelles. Puis viennent, jusqu'à la profondeur de 60 mètres environ, des dépôts qui ressemblent à ceux de bien des plages soulevées et que provisoirement nous pouvons considérer comme quaternaires.

C'est alors que se montrent des assises à facies tertiaire et qui, jusque 200 mètres, consistent surtout en sables quartzeux de diverses variétés avec intercalations de lits calcaires renfermant de très petites oolithes ferrugineuses et des marnes très friables. A plusieurs niveaux, les foraminifères abondent, ainsi que de petites coquilles turriculées, qu'il faudra déterminer avec soin.

Au-dessous de l'épais horizon nummulitique, c'est-à-dire à partir de 240 mètres, se présentent des calcaires plus ou moins sableux, avec grains plus ou moins glauconieux (jusqu'à la profondeur de 275 mètres), puis des marnes et des calcaires marneux jusqu'à 340 mètres environ.

Alors on rencontre, avec un vif intérêt, jusqu'à 410 mètres, des argiles plus ou moins blanchâtres, toutes mouchetées de petites taches ocreuses, analogues à celles que produit l'oxydation de la marcassite, et qui présentent une ressemblance bien imprévue avec certaines variétés de l'argile plastique de Montereau. Cette épaisse formation argileuse, qui repose sur des marnes grisâtres se continuant jusqu'au fond actuel du forage, est interrompue par des sables, dans lesquels, d'après un échantillon lavé, on rencontre des Nummulites analogues à celles du niveau principal, et d'autres foraminifères plus petits, fort analogues à *Nonionina* d'Orbigny.

En somme, le forage de Saint-Louis, qui ne paraît pas être parvenu encore au-dessous des formations tertiaires, nous procure une donnée précieuse sur la puissance de celles-ci sur la côte du Sénégal.

V. D. W

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

C^{te} MONTESSUS DE BALLORE. — **Loi générale de la répartition des régions sismiques instables à la surface du globe.** (*Ber. II. Intern. seismolog. Konferenz.*)

Le nombre des macrosismes enregistrés jusqu'à nos jours s'élève à 156 781. Si l'on cherche la loi qui préside à la distribution de ces mouvements de l'écorce du globe, on trouve qu'il y a des régions instables et des régions stables, quoiqu'il soit fort douteux qu'il existe à la surface du globe des régions où les tremblements de terre restent complètement inconnus. Parmi les régions stables, on peut citer surtout l'Afrique. Par contre, il y a des régions d'une très grande instabilité, où les sismes sont d'une fréquence désastreuse. Dans ces régions, les épicentres se groupent conformément aux principaux traits géologiques, d'ordinaire les moins anciens, auxquels la région doit son relief habituel.

L'auteur est parvenu à grouper 95 % des sismes, suivant deux grands cercles du globe, sur une largeur d'une trentaine de degrés, qu'il appelle le méridien et l'équateur sismiques, parce qu'ils se coupent sous un angle de 67°5. Ces deux cercles ont pour pôle, l'un le point situé 35°40' N. — 23°10' E., et l'autre celui de 40°45' N. — 150°30' W.

La conclusion de l'auteur est que l'écorce terrestre tremble à peu près également et presque uniquement le long de deux zones étroites qui se développent suivant deux grands cercles presque perpendiculaires entre eux, le cercle Méditerranéen ou Alpino-Caucasien-Himalayen-Néo-Zélandais, et le cercle Pacifique ou Ando-Japonais-Malais; et ces deux zones coïncident avec les deux plus importantes lignes de relief de la surface terrestre, en entendant cette expression de la différence de niveau entre le fond des océans et les sommets des crêtes montagneuses.

V. D. W.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DE CLOTURE DE L'EXERCICE 1905.

SÉANCE DU 17 FÉVRIER 1904 (1).

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

Rapport annuel du Président.

M. le *Président* donne lecture du rapport suivant :

MESSIEURS,

La fastidieuse coutume du Rapport annuel du Président n'aurait aucune raison d'être, et l'on devrait se hâter de la supprimer, si elle ne procurait pas à la Société l'occasion d'une sorte d'examen de conscience de fin d'année. En passant en revue les événements heureux et les pas en avant accomplis pendant l'exercice, on puise de nouvelles forces pour marcher vers de nouveaux triomphes. De même aussi, s'il y a eu des défaillances, voire des reculs, c'est le moment de prendre de généreuses résolutions.

Quand il s'agit de soi-même, on est fortement enclin à l'indulgence ; mais voyons ensemble, Messieurs, s'il y a lieu pour notre Société de se féliciter de l'année sociale écoulée, et cela au double point de vue de la prospérité matérielle et de la productivité individuelle.

Si nous abordons l'examen de notre productivité, je crois que, à moins de se montrer exigeant, nous ne pouvons qu'être fiers de l'exercice passé. Aussi bien par la quantité que par la variété et l'importance des travaux scientifiques, cette année n'a rien à envier aux précédentes, et nous fondons sur elle l'espoir qu'elle contribuera à entretenir et à propager au loin le bon renom scientifique de notre Compagnie.

Ce serait ici le moment de passer, comme d'ordinaire, en revue

(1) Jour anniversaire de la fondation de la Société (17^e année).

chacun des travaux publiés dans nos annales, mais je recule épouvanté à l'idée de passer au rôle de table des matières. J'ai peu de goût et d'aptitude pour ce rôle, et je craindrais trop de commettre plus d'un oubli coupable, quoique bien involontaire. Je suis intimement persuadé que la table qui terminera notre XVII^e volume, et qui sera l'œuvre de notre Secrétaire général et de ses adjoints, rendra des points comme exactitude à tout ce que je pourrais faire dans ce genre. Vous avez d'ailleurs tous présents à la mémoire les travaux et discussions qui ont donné tant de vie à nos séances, et pour les étrangers, je les renvoie tout simplement à cette table de notre volume.

Je ne saurais cependant passer sous silence que, suivant sa louable habitude, la Société a continué à avoir à son râtelier intellectuel quelques grandes et nouvelles questions qui, sans faire tort aux anciennes, ont contribué pour une bonne part à nous jeter dans la vivifiante animation des discussions courtoises et fécondes. En même temps que les anciennes questions sur la géophysique, sur le Houiller de la Campine, le vulcanisme, l'étude du mode de propagation des solutions de fluorescéine dans le sous-sol ont contribué, dans une large mesure, dont vous avez tous bon souvenir, à nous occuper cette année passée. Si nous ajoutons à cela nos travaux de géologie pure, d'hydrologie et de paléontologie, nous aurons rapidement esquissé notre bilan scientifique.

Il convient toutefois de mettre en lumière un point qui nous a particulièrement occupés.

Notre vaste programme d'hydrologie pratique, une de nos spécialités les plus estimées, a fourni cette année un chapitre d'un intérêt tout particulier, car nombreux sont parmi nous, comme en dehors de nos rangs, ceux des spécialistes de tous pays qui ont contribué à éclairer le grave problème de l'emploi rationnel des matières colorantes, spécialement de la *fluorescéine*, dans l'étude de la circulation souterraine des eaux en massifs calcaires.

Il a fallu même, pour ne pas nous laisser déborder, organiser des séances complémentaires spéciales, réservées à l'étude de cette question, si peu élaborée encore et où nous avons réussi à jeter de précieuses lumières, pratiquement utilisables par les sociétés techniques, administrations communales et pouvoirs publics ayant à traiter de questions d'alimentation d'eau potable en régions calcaires.

Un gros fascicule spécial, réunissant toutes les communications faites à ce sujet, va paraître sous peu, et il serait assez équitable que les dépenses et les peines que nous nous sommes imposées à cet effet

fussent prises en considération par tous nos collègues indistinctement, que le Bureau prie instamment de faire quelque propagande en faveur de l'acquisition, en dehors de nos rangs, de cet intéressant ouvrage, appelé à devenir, pour les techniciens, un *vade-mecum* de grande utilité pratique.

La même propagande d'ailleurs devrait être faite en faveur des divers *fascicules spéciaux* édités à grands frais, par la Société, sur d'autres questions pratiques, telles que le grisou, les matériaux de construction, la question des eaux alimentaires et le Boulant. Sans l'aide de vous tous, Messieurs, le Secrétariat ne peut raisonnablement assumer la lourde tâche de rendre nos efforts vraiment utiles au dehors et de rentrer, en même temps, dans une partie de nos dépenses, si généreusement faites en faveur de l'intérêt général et des techniciens appelés à puiser dans nos travaux des éléments précieux.

Si, dans l'avenir, nous ne nous sentions pas un peu plus encouragés dans cette voie de diffusion de nos publications spéciales, nous devrions, je regrette de devoir l'annoncer, renoncer désormais à ces coûteuses publications, qui méritent d'être mieux et plus largement connues des intéressés.

Déjà la pénurie de nos ressources atteint nos publications normales, dont il serait pénible de devoir amoindrir l'importance. D'autre part, la nouvelle série de nos Mémoires in-4° — si brillamment inaugurée par le beau mémoire de M. *Bommer*, travail dont je suis heureux de rappeler ici les mérites — risque de voir retarder le deuxième fascicule, qui doit être consacré à un mémoire important et superbement illustré de M. *Stübel*, spécialement traduit par M. *W. Prinz* à notre intention.

Si nous passons au domaine de nos études géologiques en 1904, nous constatons que le suggestif problème des origines du phénomène éruptif volcanique et celui de la formation et de l'infrastructure de l'écorce terrestre, soulevés au sein de notre Société à la suite de l'exposé des vues de M. *Stübel*, ont donné lieu à une très intéressante discussion, à laquelle ont pris part des autorités scientifiques de premier ordre et qui a même attiré dans notre *Bulletin* des exposés dus à des membres de l'Académie des sciences de Paris non enrôlés sous la bannière de la Société. Celle-ci a été heureuse, en cette occasion, d'offrir l'hospitalité de ses colonnes aux maîtres de la science attirés à nous par l'intérêt de nos discussions.

Il serait désirable que, à défaut de l'aide gouvernementale, quelque généreux Mécène intervint, car le Bureau se demande quand la publi-

cation de cette belle œuvre pourra être faite, malgré le bienveillant concours pécuniaire de l'auteur qui nous est déjà largement acquis pour la confection de l'importante partie iconographique du travail.

Passons au côté matériel. Là les faits importants se pressent et il n'y a rien à écourter. Il y a, me semble-t-il, à côté de la productivité intellectuelle, deux thermomètres de la chaleur vitale d'une société. Le premier est celui qui enregistre l'assiduité aux séances, le second tient note du nombre des membres de la Société. Il n'est personne d'entre nous qui ne puisse prendre grand plaisir à consulter ces deux petits instruments de la Société belge de Géologie. S'ils ne sont pas à un maximum, d'ailleurs illimité, ils marquent des degrés sans cesse plus élevés, et c'est l'essentiel. C'est une joie surtout pour votre Président, qui arrive des régions moins animées de la province, de se trouver au milieu du vivant entourage de nos séances, et l'appétit lui venant en mangeant, il formule le souhait que les absents cessent d'avoir le tort de se tenir loin de notre foyer d'activité et qu'ils viennent grossir notre noyau déjà si respectable de fidèles.

Passons au nombre de nos membres, là où l'évidence des chiffres défie toute divergence d'appréciation. Nous clôturons notre exercice avec les chiffres atteints pour la première fois de 486 membres, dont 359 membres effectifs. En souhaitant la bienvenue aux nouveaux venus, n'oublions pas ceux qui nous ont amené ces recrues, principales sources vives de nos ressources matérielles.

Le nombre total des membres se décompose comme suit :

Membre protecteur	1
Membres honoraires	40
— associés étrangers.	21
— effectifs	359
— associés regnicoles } membres payants : 424	63

Le mouvement de l'année comporte les postes suivants :

Membres effectifs : 25 entrées et 7 sorties, dont 1 par démission et 6 par décès; regnicoles : 7 entrées et 2 sorties par décès.

Associés étrangers : 1 entrée et 2 sorties par décès.

Nous avons, cette année, fait des pertes sensibles dans toutes nos catégories de membres. Nous avons perdu un ancien président de la Société et des amis de la première heure. Voici la liste funèbre qui assombrir ce coin si riant de mon rapport :

Membres effectifs : DOTREMONT, sondeur à Hougaerde; HEYMANS, conducteur de travaux à Rebecq-Rognon; MOULAN, ingénieur hydro-

logue à Laeken ; RENARD, professeur à l'Université de Gand ; comte d'URSEL, gouverneur de la West-Flandre ; VANSCHERPENZEEL - THYM, directeur honoraire des mines.

Associés regnicoles : DUMORTIER, architecte provincial du Brabant ; GILBERT, F., ancien directeur de charbonnages.

Associés étrangers : KARRER, géologue autrichien ; MUNIER-CHALMAS, professeur à la Sorbonne.

Plusieurs de nos membres ont été honorés de distinctions. Je rappellerai la nomination dont il aura, hélas, si peu joui, de M. *Munier-Chalmas* comme membre de la Classe de minéralogie de l'Académie des sciences de Paris.

Notre dévoué confrère A. *Lancaster* a été appelé à faire partie du Comité météorologique international. MM. J. *Cornet* et X. *Stainier* ont été nommés professeurs à l'Université de Gand. Notre ancien président, M. L. *Dollo*, a été nommé membre correspondant de la Société géologique de Londres, et son Syllabus de géologie a eu les honneurs d'une traduction russe par le professeur Jacovlew, de l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg.

M. *Eug. Haverland* a été nommé membre correspondant de la Commission royale des monuments, et M. C. *Malaise* a été élu vice-président de la Commission géologique de Belgique.

Enfin, M. J. *Kersten* a été nommé chevalier de l'Ordre de Léopold.

Nous avons aussi le plaisir de rappeler que la ville et la province d'Anvers nous ont accordé chacune un subside de 500 francs. C'est là pour nous un précieux encouragement, et l'on ne saurait assez féliciter ces pouvoirs publics de l'aide éclairée qu'ils donnent ainsi à la science. En nous accordant ces subsides, on a voulu reconnaître les services rendus à la province d'Anvers par notre Société, spécialement au point de vue de l'étude du Houiller de la Campine.

Comme couronnement d'une longue période de tâtonnements et d'efforts, nous avons eu la satisfaction d'installer deux stations sismiques. La première à Quenast, où la Société des carrières a pris toutes les dépenses à sa charge. Au charbonnage de l'Agrappe, une station a été également installée à 850 mètres de profondeur, au fond d'un puits de ce charbonnage, et la Société des Charbonnages Belges nous a également alloué 500 francs de subside, destinés à couvrir les frais annuels du papier photographique. Nous sommes donc franchement, cette fois, à même de passer à la période des expériences et des faits.

Notre intervention a contribué à permettre à la station sismique de Grenoble de poursuivre ses travaux, avec l'appui de l'Association

française pour l'avancement des sciences et celui de l'Université de Grenoble. On sait que les travaux de cette Station étaient menacés d'un arrêt complet.

Nos séances, comme je l'ai déjà dit, ont été très régulières et des mieux suivies, et la pléthore des matières a été telle qu'elle a nécessité deux séances supplémentaires.

Notre relevé d'excursions ne présente pas un aspect aussi brillant. Il y a bien eu quelques petites excursions : l'une dans la vallée de la Senne, dirigée par M. Malaise, l'autre dans le Centre et le Borinage, dirigée par M. Cornet, et une troisième, que j'ai pilotée, dans le terrain houiller, mais par contre et pour la première fois depuis sa création, notre Société n'a pas eu de grande excursion extraordinaire. Ce fait doit être pour une part attribué au temps détestable qui a régné toute l'année et qui refroidissait singulièrement l'ardeur de nos membres. Il doit être aussi pour une autre part attribué aux nombreux Congrès qui, pendant les vacances, sollicitaient le zèle de tous. Ainsi nous avions cette année le grand Congrès géologique triennal, qui se tenait à Vienne, et où nous avons été représentés par notre délégué M. Mourlon. Le Congrès international d'hygiène et de démographie, qui se tenait à Bruxelles pendant les vacances, a eu un véritable succès et a fourni l'occasion à plusieurs membres de la Société belge de Géologie de se distinguer. Nous citerons notamment comme ayant pris part active aux discussions : MM. E. Van den Broeck, Putzeys, Kemna, Kontkowski, Léon Janet, Marboutin, Van Meenen. De plus, MM. M. Martel, Lotti et d'autres ont envoyé des rapports ayant servi de bases à la discussion.

Notre Secrétaire général, M. Van den Broeck, désigné comme délégué officiel pour la Belgique, a fait sur ces questions un exposé synthétique animé d'un grand esprit de modération, présenté sans exclusivisme, et qui a eu l'avantage de rallier à ses vues les membres de la Section, dont il a pu mettre d'accord les tendances divergentes ou opposées parce que trop exclusives ou particularistes. Nous avons décidé de reproduire dans notre *Bulletin* le résumé et les conclusions de la thèse de M. Van den Broeck.

Enfin, pour terminer la revue des faits matériels mémorables de l'année, il me reste à dire que nous sommes en relations suivies d'échange avec 153 sociétés savantes, et que nous comptons bien augmenter notablement ce nombre dans l'année qui va commencer.

Mais, Messieurs, ce n'est pas tout que de rester en contemplation devant nos perfections, il faut agir en hommes et avoir le franc courage de mettre à nu nos plaies; car, en paraphrasant une phrase célèbre, nous pourrions dire qu'un mal connu est à moitié guéri.

Un des gros points noirs de notre horizon, c'est incontestablement notre situation financière, dont notre dévoué Trésorier va tout à l'heure, en homme autorisé, vous dire davantage. Quoique notre déficit soit, à n'en pas douter, la résultante de notre grande activité et de notre intense productivité, il y a là une situation grave, qui ne saurait perdurer sans danger pour notre avenir.

Bien que l'observation qu'il me faut faire maintenant à ce sujet constitue un détail de ménage, paraissant peu à sa place dans un discours présidentiel, je me vois cependant forcé de l'aborder, vu les nécessités d'ordre matériel qui m'y obligent impérieusement.

L'examen des notes des fournisseurs du *Bulletin* montre des accumulations de frais extraordinaires qu'il serait possible de restreindre dans une forte proportion si les auteurs des travaux destinés à nos publications voulaient faire preuve d'un peu plus de bonne volonté et consacrer à leur œuvre les soins que certains d'entre eux, MM. Dollfus, Kemna, Mourlon, Rahir, Rabozée, Rutot, par exemple, mettent à fournir des manuscrits vraiment au net et ne nécessitant pas ces terribles heures de remaniements et de corrections extraordinaires qui, pour les factures de l'exercice 1905, ont entraîné une dépense de nombreuses centaines de francs.

De même, nous sommes absolument en droit d'exiger des dessins et figures exécutés de manière à éviter à la Société de coûteuses réfections de dessins aptes, seulement alors, à la reproduction qui, seule, doit incomber à la Société.

Des réformes énergiques s'imposent, et le Conseil, ému des dangers de la situation pécuniaire fâcheuse où nous nous trouvons, a dû s'occuper de la question et a décidé qu'à l'avenir la Société n'accepterait plus que des dessins et des planches permettant des reproductions directes, sans aucune autre intervention pécuniaire de sa part pour améliorer les dessins, planches, etc., ou pour leur mise au point en vue de la reproduction qui, seule, doit rester à charge de la Société.

Le Conseil a décidé également d'appliquer *strictement* à l'avenir l'article 95 de nos Statuts, d'après lequel les frais de remaniements extraordinaires, c'est-à-dire les frais de correction non englobés dans le prix réglementaire de la feuille d'impression, *sont exclusivement à la charge des auteurs* (1).

(1) Pour rappel, voici le texte des articles 92 à 96 de nos *Statuts*, relatifs aux impressions et aux tirés à part :

ART. 92. — Les épreuves des mémoires et des communications seront revues et

De même, il est indispensable d'appliquer à l'avenir la disposition de l'article 96 de nos Statuts, d'après laquelle les couvertures imprimées et grands titres sont exclusivement à la charge des auteurs.

La non-observation de ces articles du règlement a trop fortement contribué à obérer notre situation pour que la décision du Conseil ne soit pas entièrement approuvée par l'assemblée générale.

Le second point noir qu'il me reste à vous signaler, pour être moins urgent et moins criant, n'est pas moins douloureux. Maintes fois notre dévoué Secrétaire général a appelé notre sérieuse attention sur le danger qu'il y a à laisser tout le fardeau du Secrétariat et toute la besogne d'initiative peser sur un seul homme. Tout récemment encore, à propos d'une circonstance d'ordre familial qui vous est bien connue, notre Secrétaire a renouvelé ses instances et nous a de nouveau annoncé qu'il ne lui serait plus possible de consacrer, comme par le passé, tout son temps et toute son activité à notre Société. Tous nous connaissons trop son dévouement pour craindre qu'il nous abandonne. Trop de liens d'affection invétérée l'attachent à nous pour qu'il puisse renoncer à exercer vis-à-vis de la Société ce rôle actif qui est un des principaux facteurs de sa prospérité. Mais il y aurait cruauté de notre part à ne

corrigées par les auteurs, qui, selon qu'ils habitent la Belgique ou l'étranger, sont tenus de les renvoyer endéans les cinq ou huit jours au Secrétaire général. Ces délais écoulés, le Secrétaire est autorisé à passer outre et à donner le bon à tirer.

ART. 93. — Les frais de *remaniements extraordinaires*, c'est-à-dire non compris dans la *moyenne* admise dans le contrat avec l'imprimeur et dont les frais sont englobés dans le prix réglementaire de la feuille d'impression, sont *exclusivement à la charge des auteurs*.

Ceux-ci, dans leur propre intérêt, sont donc invités à fournir des manuscrits non sujets à des remaniements, ni à des corrections nombreuses et successives.

ART. 94. — Les auteurs ne peuvent réclamer plus de deux épreuves en placards ni plus d'une épreuve de mise en page.

ART. 95. — Les auteurs de travaux et d'articles insérés, soit dans les *Mémoires*, soit dans les Procès-Verbaux des *Bulletins*, ont droit gratuitement à *cinquante* tirés à part conformes aux prescriptions réglementaires.

ART. 96. — Outre les exemplaires qui leur sont délivrés gratuitement, tous les membres de la Société ont le droit d'obtenir des tirés à part de leurs travaux, en nombre illimité, d'après un tarif aussi réduit que possible, arrêté par le Conseil.

Les couvertures imprimées et grands titres sont exclusivement à la charge des auteurs.

pas prendre en considération la situation nouvelle qui est faite à notre Secrétaire. Il y a d'ailleurs, comme il l'a dit, un vrai danger à laisser les destinées d'une Société trop exclusivement suspendues à la merci d'une seule personnalité. Nous sommes tous périssables, et tout en gardant l'espoir fondé d'une longue et fructueuse collaboration de notre dévoué Secrétaire, nous ne saurions envisager sans crainte, même l'éventualité d'une maladie qui, en le tenant écarté de nos affaires, suffirait pour introduire un trouble grave dans nos rouages.

Vous avoir signalé à nouveau le danger suffira, Messieurs, je l'espère, pour que vous preniez une décision définitive. C'est l'heure des situations critiques qui fait naître les grands dévouements, et qu'il se lève donc celui qui ne craindra pas d'assumer sur ses épaules une partie du lourd fardeau du Secrétariat.

Vous le voyez, Messieurs, l'histoire des sociétés n'est, comme celle des individus, qu'heur et malheur, mais nous saurons trouver dans nos succès de quoi marcher allègrement et toujours plus rapidement dans la voie du progrès.

X. STAINIER.

APPROBATION DES COMPTES DE L'ANNÉE 1903 ET RAPPORT DU TRÉSORIER.

M. le *Trésorier* donne lecture de l'exposé suivant :

Mouvement des fonds de la caisse, année 1903.

Recettes.

Reprise de l'encaisse du 31 décembre 1902	.fr.	330 85
Cotisations et droits d'entrée des membres		6,430 »
Vente du <i>Bulletin</i> et abonnements aux publications		1,683 75
Subsides de l'État belge (loi du 27 décembre 1902)		1,000 »
Subside de la province de Brabant, pour 1903		1,000 »
Subside de la ville d'Anvers, pour 1903		500 »
Subside des Charbonnages belges (Agrappe), pour la Section du Grisou.		500 »
Location de la bibliothèque au Ministère du Travail		300 »
Subside de M. Schulz-Briesen, pour publications.		123 14
Comptes d'ordre		97 03
Intérêts des réserves et fonds temporairement placés.		774 64
Retrait des fonds placés à intérêt.		5,432 »
TOTAL.	.fr.	18,171 41

Dépenses.

Impression, planches et distribution du <i>Bulletin</i>	fr.	12,540	47
Personnel du Secrétariat et de la bibliothèque		1,400	»
Frais généraux : séances, excursions, ports, poste, papeterie, etc.		953	21
Acquisition d'appareils (Section du Grisou)		1,572	21
— de diapositives (pour séances)		40	06
			1,612 27
Frais de la Section du Grisou : déplacements, papiers photographiques, etc.		899	62
Pour la bibliothèque : reliures, abonnements et divers		141	08
Comptes d'ordre		97	03
			Fr. 17,643 68
Encaisse au 31 décembre 1903.		527	73
			BALANCE. . . .fr. 18,171 41

Bilan au 31 décembre 1903.**Actif.**

Encaisse.	fr.	527	73
Valeur du portefeuille, pour les réserves statutaire et du grisou		8,695	25
Débiteurs, cotisations		309	55
— publications		282	»
— subsides (province d'Anvers)		500	»
			1,091 55
TOTAL. . . .fr.		10,314	53

Passif.

Réserve statutaire inaliénable	fr.	8,600	»
Créditeurs divers		865	50
Prévisions pour solde des publications, 1903 inclus.		2,000	»
Réserve du Grisou		1,728	37
			TOTAL fr. 13,193 87

Le passif l'emporte donc de fr. 2,879.34!

Cette situation financière déplorable serait fortement atténuée si nous avions pu toucher les subsides arriérés de l'État belge sur lesquels nous comptons. Mais, quoique notre Société liquidant l'arriéré de ses publications, ait fait au Ministère de l'Intérieur et de l'Instruction publique le versement du nombre convenu d'exemplaires du *Bulletin*, pour toutes les années entièrement publiées, nous avons perdu, ensuite de correspondance échangée à ce sujet entre l'Administration de l'Etat belge et notre

Bureau, l'espoir de toucher les deux mille francs qui auraient dû être liquidés sur les budgets passés.

Il serait donc bien équitable que l'État belge nous accordât ces deux mille francs à titre de subside extraordinaire. Espérons encore que nos démarches en cette voie aboutiront favorablement.

Budget de 1904.

Recettes.

Cotisations des membres.	.fr.	5,200	»	
Abonnements aux publications.		360	»	
Subside de l'État belge	1,000	»		
— de la province de Brabant.	1,000	»		
— de la province d'Anvers.	500	»		
— de la ville d'Anvers.	500	»		
			3,000	»
Intérêts des réserves		240	»	
Loyer de la bibliothèque		300	»	
TOTAL	.fr.	9,400	»	

Dépenses.

Rembourser aux réserves	1,633	42
Tome XVIII du <i>Bulletin</i>	4,500	»
Employés du Secrétariat et des bibliothèques	1,420	»
Conférences et excursions.	250	»
Abonnements à des périodiques et reliures	210	»
Frais généraux divers.	1,086	88
BALANCE fr.	9,400	»

Carte pluviométrique. — L'état de la caisse particulière de cette rubrique est resté sensiblement stationnaire; il s'est augmenté en 1903 de fr. 9.40 par vente de quelques exemplaires aux membres de la Société de Géologie.

Session annuelle extraordinaire de 1904 et programme des excursions de l'année.

Sur la proposition du Conseil, il est décidé d'organiser, pour la session annuelle extraordinaire de 1904, une *excursion à l'île de Wight* sous la direction de M. J. Starkie Gardner. Celui-ci, sur les instances de la Société, et malgré son âge avancé, a consenti à diriger cette course

qui, de l'avis de l'assemblée, aura lieu vers la seconde quinzaine du mois de juin.

En présence du nombre d'adhésions déjà recueillies, le Bureau est autorisé à faire toutes les démarches nécessaires pour l'organisation de cette excursion, dont M. *Van den Broeck*, aidé d'une carte, trace le programme dans ses grandes lignes et fait ressortir tout l'intérêt.

Au point de vue des excursions ordinaires, des courses d'un ou de deux jours sont inscrites au programme pour l'étude du Silurien dans la vallée de l'Orneau et celle du Houiller dans la Campine; la vallée de la Lesse et Furfooz, sous la direction de MM. Jacques, Rahir et Van den Broeck, et la région de Couvin et Givet, sous la conduite de M. Bayet, pourront également fournir l'objet d'une excursion d'un ou de deux jours.

Si les circonstances et le temps le permettent, d'autres courses seront encore proposées dans le courant de l'année, indépendamment de celles qu'organisera le Congrès historique et archéologique de Belgique, qui se tiendra à Mons en 1904.

Ces diverses propositions sont adoptées par l'Assemblée.

ÉLECTIONS.

L'ordre du jour appelle ensuite les élections.

Élection d'un membre honoraire :

Est élu *par acclamation* : M. *J. J. H. Teall*, président de la Société géologique de Londres, directeur général des Services géologiques de Grande-Bretagne et d'Irlande, à Londres, précédemment membre associé étranger.

Élection d'un membre associé étranger :

Est élu à l'unanimité : M. *de Montessus de Ballore*, chef d'escadron, commandant le bureau de recrutement à Abbeville.

Élection de quatre Vice-Présidents :

Sont élus : MM. Harzé, Kemna, baron van Ertborn et Willems.

Élection d'un Secrétaire général :

Est réélu : M. Van den Broeck.

Élection d'un Trésorier :

Est réélu : M. le Dr Gilbert.

Élection d'un Secrétaire (adjoint au Secrétariat général) :

Est élu : M. Lejeune de Schiervel.

Élection de trois délégués du Conseil :

Sont élus : MM. Jacques, Mourlon et Rutot.

Élection de trois membres du Conseil :

Sont élus : MM. Cornet, De Schryvere et Van de Wiele.

Élection des membres du Comité de vérification des comptes :

Sont élus : MM. Fievez, Mathieu et Weyers.

COMPOSITION DU BUREAU, DU CONSEIL ET DES COMITÉS.

Par suite des élections ci-dessus indiquées, le Conseil (1) est constitué ainsi qu'il suit pour l'exercice 1904 :

Président :

X. Stainier.

Vice-Présidents :

E. Harzé, Ad. Kemna, baron van Ertborn, J. Willems

Secrétaire général : **E. Van den Broeck.**

Secrétaire : **Ch. Lejeune de Schiervel.**

Trésorier :

Th. Gilbert.

Bibliothécaire :

L. Devaivre.

Délégués du Conseil :

E. Cuvelier, V. Jacques, M. Mourlon et A. Rutot.

Membres du Conseil :

**J. Cornet, F. De Schryvere, J. Kersten, C. Malaise,
H. Rabozée et C. Van de Wiele.**

(1) Le Bureau est constitué par le Président, les quatre Vice-Présidents, le Secrétaire général, le Trésorier et les quatre délégués du Conseil.

COMITÉS SPÉCIAUX.

Comité de vérification des comptes :

Ch. Fievez, E. Mathieu et J. Weyers.

Comité des publications :

E. Cuvelier, V. Jacques et G. Jottrand.

Comité des matériaux de construction :

Président : J. Willems.

Membres :

Gillet, Rabozée, Van Bogaert et Van Ysendyck (Secrétaire).

Comité permanent d'études du grison :

(Voir les listes spéciales détaillées.)

— La séance est levée à 9 h. 45 m. et est suivie de la séance mensuelle de février 1904.



MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Tome XVII

(Deuxième série, tome VII)

ANNÉE 1903

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

LE VOLCANISME

PAR LE

Baron O. VAN ERTBORN (1)

La terrible catastrophe qui, le 8 mai dernier (1902), détruisit de fond en comble la malheureuse ville de Saint-Pierre en Martinique, faisant des milliers de victimes; les éruptions successives du Mont-Pelée pendant cette même année; celles de la Soufrière en l'île Saint-Vincent; enfin celles de la région volcanique du Guatemala, nous ont montré la périphérie du golfe du Mexique en pleine ébullition. Quoique ces phénomènes aient affecté une région circonscrite, celle-ci n'en occupe pas moins une surface considérable, démontrant une connexion intime entre ces diverses manifestations souterraines et excluant toute idée d'accident purement local.

De nombreuses hypothèses ont été émises sur les causes provoquant les phénomènes volcaniques; les événements désastreux de l'an 1902 en firent éclore de nouvelles. Les infiltrations d'eau marine, les actions chimiques, les courants magnétiques, l'action luni-solaire, etc., servirent de bases à ces hypothèses; l'accord est loin de s'établir et les divergences d'opinion, qui ne font que s'accroître, semblent démontrer qu'aucune d'elles ne donne de solution satisfaisante et surtout complète de cette question complexe. Aussi M. Bonney, l'éminent profes-

(1) Communication faite à la séance du 16 janvier 1903 de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. — Voir les Procès-Verbaux, où le *résumé* du présent travail se trouve suivi d'un exposé relatif à cette communication, présenté par M. E. Van den Broeck sous le titre : *Nouvelle théorie de l'explosion volcanique, basée sur la combinaison des vues de M. van Ertborn avec les expériences et thèses de MM. A. Gautier et A. Brun et avec la théorie de M. A. Stübel.*

seur de géologie à l'Université de Londres, émet-il l'espoir que la découverte d'une loi physique nouvelle en fournira l'explication. En tout cas, si la cause qui maintient ou rend les roches à l'état de fusion est encore obscure, il n'en est pas moins certain que deux causes fort différentes provoquent le mouvement ascensionnel des déjections volcaniques, soient :

1° La force expansive de la vapeur d'eau et des gaz;

2° L'action de la pesanteur.

La première provoque les courants impétueux qui entraînent les poussières, les cendres, les lapilli, les ponces, les éléments légers en un mot; à l'état explosif, elle projette les bombes volcaniques et les débris de roches; tous les mouvements violents et rapides sont donc son œuvre.

La seconde, amenant les mouvements lents, ne peut être que l'action de la pesanteur, agissant par contre-pression, et amenant lentement les laves jusqu'au cratère et leur déversement sur les flancs de la montagne. M. William Digby cite à ce sujet la phrase typique de M. Bonney (1) : « L'écoulement souvent régulier et pour un temps continu, des laves par une fissure et leur intrusion dans les couches font naître l'idée que la masse fluide est expulsée, comme nous le ferions en pressant un tube compressible contenant de la couleur à l'huile. »

Remarquons ici que l'idée de compression est nettement émise par l'éminent professeur de l'Université de Londres.

M. Stanislas Meunier, dans le volume si intéressant qu'il vient de publier (2) et que nous avons eu l'honneur de résumer pour les comptes rendus bibliographiques de la Société, consacre un chapitre au volcan; l'auteur ne paraît pas partager les idées exposées précédemment sur l'extravasement des laves. Ses idées, dont quelques-unes sont en désaccord avec celles généralement admises, peuvent se résumer de la manière suivante :

L'auteur considère le volcan comme un appareil hydraulique par lequel l'eau accomplit une circulation verticale. On évalue à une vingtaine de milliers de mètres cubes la quantité d'eau supposée liquide rejetée par jour pendant une éruption. La cheminée et le cratère ne sont que les chemins de décharge du laboratoire où les substances rocheuses destinées à devenir lave ou cendres sont soumises à la haute température de la liquéfaction complète, en même temps qu'ils sont les

(1) *Natural Law in terrestrial Phenomena*, p. 70.

(2) STANISLAS MEUNIER, *La Géologie générale*, Paris, 1903.

sources d'où dérive l'eau *qui doit s'incorporer par occlusion dans le magma, de manière à le rendre FOISSONNANT.*

Nous soulignons cette dernière phrase et tout spécialement le dernier mot, souligné par l'auteur lui-même; nous ne saurions assez insister sur son importance dans le sujet que nous allons traiter.

Reprenons le texte de l'auteur. Celui-ci fait remarquer que l'idée la plus simple, c'est que la cheminée volcanique se prolonge au travers de toute l'écorce rocheuse et s'alimente dans le noyau non encore solidifié; il se demande ensuite si, sous l'influence de l'eau surchauffée parvenant à son contact, la matière des zones moins profondes et par conséquent solidifiée ne deviendrait pas pâteuse et même liquide, de façon à pouvoir surgir par la cheminée. Il fait remarquer ensuite que par les expériences réalisées d'après la méthode de Sénarmont, on voit des roches et des minéraux perdre leur forme et par conséquent leur consistance bien au-dessous de leur point de fusion. Il lui paraît difficile, sinon impossible, d'admettre que les infiltrations puissent pénétrer à soixante kilomètres, épaisseur probable de l'écorce solide du globe.

« Notre opinion, ajoute M. S. Meunier, fondée sur plusieurs ordres de considérations, c'est que le volcan est alimenté en eau par l'écroulement le long des failles souterraines, de blocs pourvus de l'eau d'imprégnation, qui caractérise les assises les moins profondes de la croûte du globe. » On avait déjà opposé à cette idée, émise précédemment par l'auteur, que les volcans émettent aussi d'autres gaz et que ceux des îles Hawaï rejettent, non de la vapeur d'eau, mais de l'acide chlorhydrique; des chlorures, comme le sel gemme, pourraient produire ce dernier gaz.

L'auteur fait remarquer ensuite que les laves, même les plus anciennes, contiennent des cavités et en sont même criblées; le peu de densité, le caractère poreux des lapilli et des cendres volcaniques sont trop connus pour qu'il y ait lieu d'insister à leur sujet.

Enfin l'eau de carrière contenue dans les roches effondrées abaisserait, en se volatilissant, le point de fusion des roches et leur communiquerait la propriété *foisonnante*, qui les rend volcaniques. Plus loin, M. S. Meunier ajoute encore : « La vue des éruptions volcaniques nous apprend que l'ascension des laves jusqu'au sommet de l'Etna, c'est-à-dire à 5 000 mètres de hauteur, *est en tout point comparable à l'extravasement d'une eau gazeuse ou du vin de Champagne, hors de la bouteille restée debout, mais dont le bouchon a été brusquement enlevé.* »

Cette théorie, telle que l'expose M. Stanislas Meunier, nous paraît tout

au moins incomplète. Le phénomène de l'écoulement des laves est toujours lent et ne se produit pas brusquement; l'auteur n'indique pas la force souterraine qui le rend continu, au moins pendant un certain temps; nous en parlerons plus loin. Il n'admet pas que les eaux d'infiltration puissent traverser l'écorce solide du globe, épaisse d'une soixantaine de kilomètres, selon toutes probabilités, mais il admet que les laves peuvent suivre le chemin inverse et provenir d'une très grande profondeur. Il est incontestable que l'eau ne peut parcourir, en cheminant comme *eau de carrière*, toute l'épaisseur de la croûte terrestre, mais il est de fait que les régions volcaniques sont caractérisées par de grandes et nombreuses failles, que la cheminée se trouve probablement au point d'intersection de deux d'entre elles, que les mouvements sismiques si nombreux et si puissants dans les régions volcaniques ont dû fissurer les roches en tous sens et ouvrir des voies faciles d'infiltration aux eaux.

L'accès des eaux en profondeur n'est donc pas aussi difficile que paraît le croire M. S. Meunier, et cela d'autant plus que leur mouvement est activé par l'action directe de la pesanteur.

Il est incontestable que des parties de roches peuvent se détacher des parois de la cheminée, des massifs considérables même formant partie de l'écorce terrestre et servant de soubassement à la montagne, peuvent aussi s'effondrer dans le magma liquide, se fondre et donner naissance à une certaine quantité de vapeur d'eau; mais l'eau de carrière seule nous paraît insuffisante pour en fournir une quantité aussi considérable, d'autant plus que les roches primaires ne sont guère poreuses; on peut même se demander si les éléments constitutifs de ces roches ne pourraient pas fournir l'un des gaz générateurs de l'eau.

Personne n'ignore que le plus grand nombre des volcans sont situés dans le voisinage de l'Océan, mais il en est d'autres, dans les Andes, qui en sont distants de plus de 250 kilomètres, quoiqu'une telle distance, dans la question qui nous occupe, puisse être considérée comme minime. On cite, il est vrai, un volcan situé en Mandchourie, éloigné d'un millier de kilomètres de la mer. Il est possible que dans ce cas isolé, les eaux souterraines agissent comme les eaux marines. Leur action si importante en géologie n'est étudiée que depuis peu et cette étude n'a pas encore dit son dernier mot.

Dans une communication des plus intéressantes, faite à la séance de la Société du 16 décembre dernier, M. Kersten nous disait, au sujet du coup d'eau survenu au charbonnage du Levant du Flénu, en juillet dernier, que la quantité s'élevait à plus de 30 000 mètres cubes; cette

eau fossile, car elle ne pouvait, vu sa composition chimique, provenir des morts-terrains, contenait par litre 56 grammes de chlorure de sodium en dissolution, soit près de 1 700 tonnes de ce sel. En contact avec de la lave, cette eau aurait produit de l'acide chlorhydrique, comme le fait remarquer M. A. E. Verrill dans *The American Journal of Science* (1). Dans la plupart des volcans, dit-il, la température de la lave doit atteindre 5 000°; si cette lave vient en contact brusque avec de l'eau marine, le chlore du sel sera dissocié du sodium et se combinera avec une partie d'hydrogène. Cette combinaison constituera de l'acide chlorhydrique à l'état gazeux.

Le sondage de Beeringen a rencontré dans le Houiller un amas d'eau saturé de sel. Les gisements de l'espèce ne sont donc pas bien rares et leur rôle dans les éruptions ne peut être considéré comme une impossibilité.

Il nous semble donc que les eaux de toutes provenances peuvent intervenir dans les éruptions volcaniques, et l'avenir nous apprendra peut-être de quelle manière dans chaque cas se produit leur intervention.

La partie de la théorie de M. St. Meunier qu'il nous paraît difficile d'admettre est celle où il attribue l'entraînement et le déversement des laves à une hauteur considérable, à une action absolument semblable à celle que produit l'extravasement du vin de Champagne, lorsque la bouteille est brusquement débouchée.

Les événements de la Martinique ont, semble-t-il, élucidé la question; s'il y eut débouchage brusque, ce fut bien en ce point, et les laves auraient dû être entraînées comme un torrent le 8 mai, et cela avec d'autant plus de raison que l'éruption eut lieu par une fissure latérale de la montagne et non par le cratère. Or il n'en fut rien, et l'écoulement de la lave ne commença à se produire que vers la mi-décembre, soit plus de sept mois plus tard.

Le caractère explosif n'a donc aucun rapport avec les épanchements de laves à des hauteurs considérables, et tout semble indiquer que c'est la contre-pression, soit l'action de la pesanteur, qui permet aux laves de s'épancher à 5 000 et même à 6 000 mètres de hauteur. Elles montent donc comme un bouchon abandonné au fond de l'eau remonte à la surface et comme l'aérostat s'élève dans les airs sous l'action de la

(1) Vol. XIV, July 1902, pp. 72 à 74. Voir aussi le présent BULLETIN, t. XVI, *Traductions et Reproductions*, pp. 66 à 68. Trad. de M. Halet.

pesanteur. Le bouchon dans l'eau, le ballon dans l'air, servent à constituer, par leur présence, une colonne d'eau ou d'air moins dense que celles qui les environnent. Par suite de la pression de ces colonnes plus denses sur le pied de la colonne moins dense, celle-ci est entraînée, ainsi que les corps qui s'y trouvent en suspension. Si l'on pouvait réduire brusquement de moitié la densité du milieu aérien qui entoure le ballon, sans modifier celle de la colonne d'air qui le surmonte, l'aérostат serait refoulé et écrasé sur le sol.

Le *foisonnement* ayant réduit dans des proportions considérables la densité de la colonne de lave, qui se trouve au pied de la cheminée, celle-ci se trouve refoulée en hauteur par des masses plus denses qui se trouvent dans le voisinage et, sous l'effet de cette pression, peut s'élever à plusieurs milliers de mètres au-dessus du niveau de la mer.

Une différence de densité d'un dixième seulement exigerait une colonne de 66 000 mètres pour faire contrepoids à une colonne de 60 000 mètres, épaisseur supposée de l'écorce terrestre, et permettrait aux laves de s'épancher par le cratère des plus hauts volcans.

La détente brusque, le débouchage instantané ne peuvent donc rendre compte de l'épanchement lent d'une coulée de lave, à l'instar de la couleur à l'huile sortant d'un tube compressible. Il faut, pour produire ce dernier phénomène, une pression lente et continue, une action qui assure la persistance du phénomène pendant un laps de temps relativement long.

En tenant compte du *foisonnement*, qui amène la diminution de densité, le phénomène serait identique à celui qui se produit dans l'appareil élévateur d'eau nommé « compresseur à air » (1), et dont nous avons eu l'honneur d'entretenir la Société à la séance du 21 mai 1902.

Cet appareil est basé sur le *foisonnement* de l'air et de l'eau, diminuant la densité de cette dernière par mélange.

L'air comprimé, insufflé par le bas dans une colonne d'eau, élève celle-ci à une hauteur considérable. L'appareil se compose d'une pompe à air, d'un réservoir à air comprimé G pour régulariser le débit, d'un tuyau à air *t*, recourbé à sa partie inférieure, amenant l'air comprimé au pied du tuyau H, destiné à élever le liquide, comme le font voir les figures ci-jointes 1 et 2.

La pompe à air mise en marche, un manomètre fixé sur le réservoir indique la pression. Supposons que celle-ci doive atteindre 8 atmosphères pour rompre, dans le cas qui nous occupe, la résistance due à

(1) Désigné aussi sous le nom d'*émulseur*, « *Mammoth pompe* », etc.

Fig. 1.

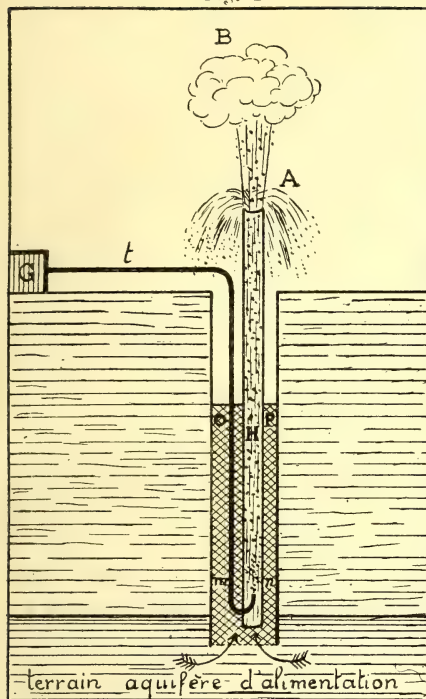


Fig. 2.

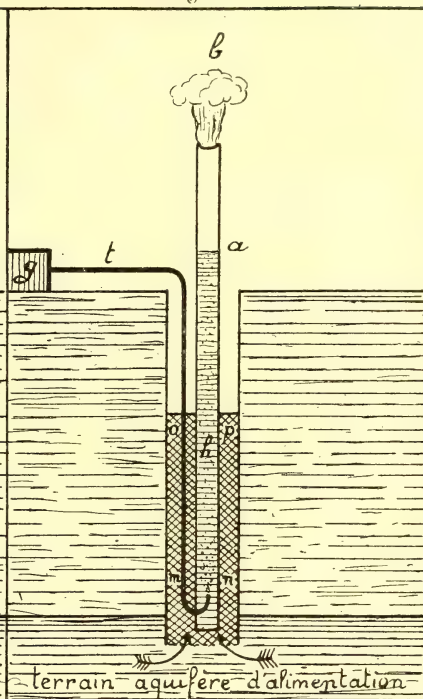


Fig. 3.

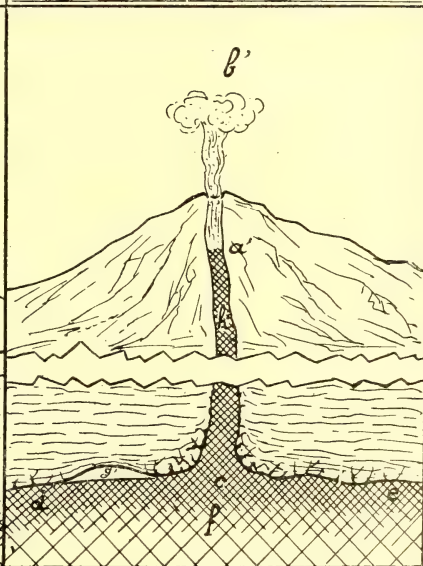


Fig. 4.

l'inertie de la colonne d'eau remplissant le tuyau destiné à lui servir de conduite d'ascension. Il se produit tout à coup une brusque secousse, un genre de détonation, et l'appareil se met à fonctionner. A l'instant, la pression tombe environ de moitié et l'ascension de l'eau continue à se produire pendant tout le temps que fonctionne la pompe à air.

L'eau et l'air se sont mis à *foisonner*, constituant un mélange de densité beaucoup moindre que celle de l'eau, densité qui, par exemple, ne sera que de 0.55, si, par litre d'eau, nous envoyons dans le liquide 2 litres d'air.

L'appareil n'est nullement un objet de cabinet de physique : il est entré dans la pratique, et les Américains en ont construit qui débitent 15 mètres cubes par minute (1).

L'appareil provoque donc le *foisonnement de l'eau et de l'air* ; mais ce n'est pas celui-ci qui élève l'eau, c'est la colonne *m n, o p* extérieure au tuyau d'ascension, dont la densité est restée 1.0, qui presse sur la base de la colonne, dont la densité est 0.55, et la refoule.

Il faudra donc, dans le cas cité plus haut, une colonne trois fois plus haute, de densité 0.55, pour faire équilibre à la colonne *m n, o p*, dont la densité est 1.00.

Si nous coupons le tuyau d'ascension en A (fig. 1), en dessous du niveau piézométrique du mélange d'eau et d'air, il y aura, d'une part, d'abord jet violent, puis déversement de l'eau en A, et celle-ci fera cascade tout autour du tube d'amenée, par le fait de la pesanteur.

D'autre part, l'air continuera à s'élever, produisant en B un souffle très sensible.

Si nous pouvions colorer cet air, comme les hydrologues colorent les sources, nous verrions en B un panache en forme de pin-parasol, comme on en voit un au-dessus du cratère d'un volcan en éruption. (Voir fig. 5.)

Diminuant ensuite la venue d'air, la densité de la colonne ascendante augmentera ; elle ne pourra plus atteindre (voir fig. 2) la partie supérieure du tuyau et produira, à un niveau inférieur *a*, un bouillonnement, tout comme il s'en produit un dans un volcan, lorsque la lave,

(1) Au peignage de laines d'Hoboken, on a :

Longueur du tuyautage	105 mètres.
Débit d'eau par minute	700 litres.
Débit d'air.	5 mètres cubes.
Pression en atmosphères	6 ¹ / ₄

par faute de pression, n'arrive pas à être déversée par le cratère, se maintient au-dessous de son niveau. (Voir fig. 4, en *a'*.)

Si nous remontons le pied du tuyautage en *o p*, tout en le maintenant plongé dans l'eau, les phénomènes ne se produiraient plus. C'est donc la *contre-pression* en *m n* (fig. 1 et 2) qui provoque l'ascension du liquide.

L'appareil à air comprimé est donc un volcan en miniature, où l'air remplace la vapeur d'eau surchauffée et où les gaz et l'eau remplacent les laves, présentant absolument les mêmes phénomènes que les volcans.

L'eau dans le tuyautage du compresseur, la lave dans la cheminée du volcan s'élèvent donc, non pas comme le vin de Champagne, mécaniquement entraîné par le dégagement du gaz, *mais bien sous l'action de la pesanteur*, phénomène absolument différent. Il paraît cependant étrange à première vue que la lave puisse s'élever à 5 000 mètres et plus par la seule action de la pesanteur. Il ne peut y avoir cependant d'autre cause.

On se demandera certainement où, dans l'intérieur du globe, peut se produire une contre-pression capable de soulever la colonne de lave. Cette contre-pression peut se produire sous l'action d'agents fort différents. Les laves non *foisonnantes* peuvent comprimer la base de la masse où ce phénomène se produit; de la vapeur d'eau et des gaz à une haute tension, emprisonnés dans des cavités (voir *G'* et *g*, fig. 3 et 4), peuvent exercer une pression considérable sur le magma visqueux; enfin les régions volcaniques sont caractérisées par de grandes cassures de l'écorce terrestre. Les tremblements de terre ne peuvent qu'en provoquer le tassement et des massifs considérables peuvent peser sur la masse en fusion. Un coup d'œil jeté sur la carte nous fait voir le golfe du Mexique comme un gigantesque cratère d'effondrement, ayant scindé le nouveau monde en deux fragments et dont la Martinique, Saint-Vincent, etc., forment les limites effondrées du côté oriental; un tassement infime dans le voisinage des cassures peut provoquer l'ascension et le déversement de quelques milliers de mètres cubes de lave, sans qu'il en paraisse de modifications appréciables à la surface.

Comme nous l'avons vu précédemment, M. Bonney reconnaît l'existence d'une pression lente provoquant l'évacuation des laves; sa comparaison typique en fait foi. L'hypothèse du *foisonnement* amenant, lors de l'explosion finale, à l'arrivée au jour, la formation des poussières, des lapilli, des ponces entraînés par les torrents de vapeur et de gaz, est fort plausible : ces matériaux légers et poreux seraient l'éparpillement de l'écume résultant du *foisonnement*. Ce phénomène peut faciliter

l'ascension des laves, mais ne peut la provoquer. Ce fait nous paraît bien établi.

Quant à considérer le volcan comme un appareil hydraulique, il y a bien des réserves à faire. En tout appareil hydraulique, l'eau joue un rôle plutôt passif et n'agit que par sa pesanteur; tandis que son action dans les volcans est le résultat de la détente de sa vapeur, comme dans les machines, et à ces points de vue, il y a une différence radicale dans les deux actions.

Comme conclusion de cette notice, nous exprimons l'avis que le foisonnement des laves étant admis, il faut qu'une contre-pression, causée par des éléments plus denses, provoque leur ascension dans la cheminée, régularise et maintienne ce mouvement pendant un certain temps. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous n'apercevons d'autre cause que celle indiquée par nous qui puisse produire le phénomène de continuité.



QUELQUES EXPÉRIENCES

SUR

L'IMBIBITION DU SABLE PAR LES LIQUIDES

et les gaz

AINSI QUE SUR SON TASSEMENT (1)

PAR

W. SPRING

Professeur à l'Université de Liège.

Au cours de quelques recherches *Sur la filtration et la pénétration de l'eau dans le sable et le limon*, recherches dont M. le capitaine Rabozée a bien voulu donner à la Société belge de Géologie un compte rendu très détaillé (2), j'ai eu l'occasion de constater que l'imprégnation d'une masse de sable sec, c'est-à-dire le remplissage, par l'eau, des vides que les grains laissent entre eux, n'est pas un phénomène aussi simple qu'il le paraît à première vue.

Le sable peut, dans certaines circonstances, retenir considérablement plus d'eau que ne semblent le permettre les vides compris entre ses grains. La proportion peut même dépasser le double du volume théorique des *creux* du sable. Si l'on fait attention que, dans la réalité, les grains de sable ne sont ni sphériques ni égaux, comme le suppose la théorie, le volume vrai des *creux* sera nécessairement plus petit que ne le veut le calcul, si bien que l'on sera conduit à regarder les grains comme ne se touchant plus dans un sable complètement imprégné, mais comme écartés par une couche d'eau plus épaisse que celle qui résulte

(1) Mémoire présenté à la séance du 10 février 1903 de la *Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*.

(2) Séance du 3 juin 1902, *Pr.-Verb.*, p. 269.

du simple jeu des forces capillaires. Il est concevable, dès lors, qu'une telle masse manque, le plus souvent, de toute solidité.

J'ai constaté aussi que la vitesse de filtration de l'eau au travers du sable remplissant un tube en verre d'une longueur plus ou moins grande, se trouve en relation étroite avec l'épaisseur de la couche d'eau. Elle présente donc des anomalies, et même des irrégularités, qui voilent les résultats à prévoir d'après les lois de l'écoulement des liquides. La comparaison de deux filtres ne devient possible que lorsque ceux-ci ont pris, avec le temps, un état stationnaire en rapport, bien certainement, avec le degré de tassement du sable et que, de plus, le liquide filtrant a été privé des gaz qu'il peut tenir en solution. Quand ces conditions ne sont pas remplies, il est tout à fait illusoire de chercher à saisir, par l'expérience, les lois de la filtration.

La question du *tassement* du sable dans des milieux divers, liquides ou gazeux, se présentant, au cours du travail qui vient d'être rappelé, comme un problème à part, j'en avais réservé l'étude pour une époque où mes loisirs m'auraient permis de l'aborder.

Dans l'intervalle, j'ai pu prendre connaissance, grâce à la grande obligeance de M. E. Van den Broeck, des importantes études entreprises au sein de la Société belge de Géologie sur les *sables boullants*. J'y ai vu, entre autres choses intéressantes, que la question du volume vrai des sables boullants divise encore les savants les plus compétents dans la matière. Tandis que les uns, parmi lesquels se trouvent des praticiens qui ont eu à lutter avec cet ennemi désagréable, regardent le sable bouillant comme une sorte de boue plus ou moins fluide, donc sursaturée d'eau, d'autres, en particulier M. le professeur H. Höfer, de l'Académie impériale et royale des mines de Leoben, font remarquer que le départ de l'eau d'un sable bouillant ne diminue pas nécessairement son volume, car on n'aurait pas constaté d'affaissements dans des terrains boullants après l'enlèvement de leur eau.

M. R. Feret, chef de laboratoire des ponts et chaussées à Boulogne-sur-Mer, a tenu à vérifier si l'opinion de M. Höfer trouve un appui dans les expériences de laboratoire. En opérant sur de la farine de marbre moulu et de l'eau, dans un tube en verre de dimensions appropriées, il est arrivé à conclure qu'un sable fin se tasse progressivement jusqu'à une certaine limite, au delà de laquelle même un enlèvement par aspiration de l'eau interposée ne produit plus d'effet, pour ainsi dire. Toutefois, dit M. Feret, si le sable retient plus d'eau que celle qui correspond à ce tassement maximum, — ce qui paraît être le cas des sables boullants, — tout enlèvement de cette eau provoque

« un tassement plus ou moins important suivant que l'état initial différait plus ou moins du tassement limite ».

Les conclusions de M. Feret sont un grand appui pour l'opinion que m'avaient suggérée mes recherches récentes sur l'infiltration de l'eau dans le sable et le limon, opinion que la Société belge de Géologie a bien voulu faire connaître dans les procès-verbaux de ses séances spéciales sur le *boulant*. Un sable fin *en place*, dans lequel les grains sont au contact vrai, me paraissait pouvoir perdre son eau d'imbibition sans éprouver une diminution de volume; mais il pouvait en être autrement d'une masse de sable libre; celle-ci peut, à mon sens, contenir assez d'eau pour que les grains soient vraiment écartés les uns des autres et, dans ces conditions, un enlèvement de l'eau doit nécessairement avoir pour conséquence une diminution du volume de la masse.

Ces divergences de vues, aussi bien que les anomalies de la vitesse de filtration de l'eau, auxquelles il a été fait allusion plus haut, m'ont engagé à soumettre la question de l'imbibition et du tassement du sable à quelques investigations complémentaires. Je serais heureux si les résultats obtenus dans ce travail pouvaient être de quelque utilité dans l'étude entreprise par la Société belge de Géologie.

§ 1. — *De la pression que peut produire l'imbibition d'une masse de sable enfermée dans un vase.*

L'eau qui pénètre une masse de sable sec, chasse nécessairement devant elle l'air emprisonné entre les grains. Si cet air ne peut s'échapper, la pression grandira. Il peut être intéressant de se renseigner sur la valeur de cette pression et surtout de savoir si elle est en état d'arrêter finalement l'imbibition.

A cette fin, j'ai construit l'appareil figuré ci-après. Un flacon en verre F, de 0^m,18 de haut et de 0^m,07 de diamètre, a été privé de son fond de manière à réaliser une cloche étroite, tubulée. La tubulure a été fermée hermétiquement à l'aide d'un bouchon en liège, imprégné de laque fondue, et livrant passage à un tube en verre *t* qui reliait la cloche à un manomètre M, comme on peut le voir dans la figure. Avant de faire le raccord avec le manomètre, on a mis un petit tampon de ouate sous le bouchon, à l'endroit où le tube *t* affleurait, puis on a rempli la cloche de sable en le tassant à l'aide d'un marteau de bois. Enfin, la cloche a été fermée par deux doubles de papier à filtrer maintenus en place par une fine toile métallique soudée à une douille, qui a été fixée au verre à l'aide de laque fondue.

Le sable qui a servi a été extrait du limon de Hesbaye à la suite d'un traitement du limon par l'acide chlorhydrique jusqu'à dissolution complète des matières argileuses et ferreuses, suivi d'un lavage complet à l'eau. Il a été passé, finalement, à travers un tamis de soie telle qu'elle sert au blutage de la farine. La grosseur moyenne des grains de ce sable était de cinq à dix microns seulement.

Le remplissage de la cloche étant terminé, le tube *t* a été raccordé au manomètre et la cloche a été plongée dans un vase plein d'eau.

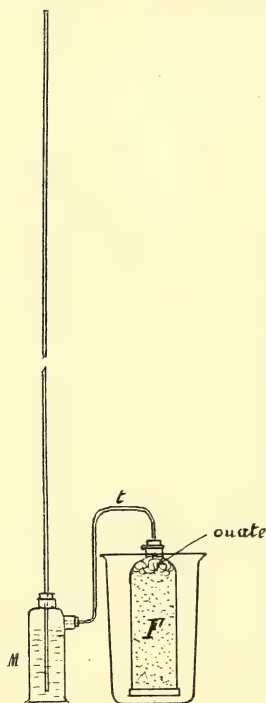


Fig. 1.

Aussitôt l'imbibition commence et l'air déplacé par l'eau se rend dans le manomètre. Au début, on voit des bulles d'air se frayer une voie à travers la toile métallique et la pression intérieure diminuer; mais lorsqu'une couche suffisante de sable est imbibée, l'air se rend complètement dans le manomètre. La pression monte rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement. L'état stationnaire a été atteint après quatre à cinq heures, et il s'est maintenu, chaque fois, jusqu'au lendemain, c'est-à-dire jusqu'au moment où l'appareil a été démonté. La hauteur de la colonne d'eau soulevée dans le manomètre a été, une première fois, de 1^m,80 et une autre fois, de 2^m,15; la grande différence entre ces hauteurs doit être attribuée à cette circonstance que dans la première opération il y a eu une plus grande perte d'air, au début, que dans la seconde, par suite, sans doute, d'un défaut dans le remplissage. En somme, la pression a monté jusque environ un cinquième d'atmosphère.

On pouvait voir distinctement le niveau auquel s'était arrêtée l'eau dans la cloche *F*. Les trois quarts, environ, du sable étaient imbibés d'eau; le dernier quart était simplement mouillé, sans que les intervalles entre les grains fussent remplis d'eau. La pression qui a régné dans l'appareil a donc empêchée l'eau de remplir tous les vides, mais elle ne l'a pas empêchée de se répandre à la surface de tous les grains.

On remarquera la solidité étonnante qu'avait la couche de sable imbibée, au-dessus de la douille : elle résistait finalement à la pression intérieure sans laisser perdre la moindre bulle de gaz. Il paraît évident,

d'après cela, que du sable simplement imbibé et soumis à une certaine compression ne peut être « boulant ». Cette propriété de *bouler* doit nécessairement être la conséquence d'un excès d'eau dans le sable, excès qui ne peut se produire que si le sable se trouve dans un certain état de *liberté* lui permettant de foisonner.

La grandeur de la pression qui se développe dans les conditions de cette expérience dépend dans une large mesure, sinon exclusivement, de la surface libre des grains de sable. En effet, si l'on emploie un sable à grains plus gros, offrant donc moins de surface sous le même poids de matière, la pression ne monte pas si haut. Le sable tongrien (lavé à l'acide chlorhydrique, comme le précédent) n'a fait monter l'eau dans le manomètre qu'à 40 centimètres. Il est vrai que dans un sable plus gros, les espaces compris entre les grains ne sont pas si étroits et qu'ils ne peuvent donc exercer une action capillaire si grande; mais cette circonstance est plutôt secondaire puisque les phénomènes de capillarité ont pour première condition l'extension des liquides sur la surface des corps. Notons encore que les autres particularités de l'expérience n'avaient pas changé dans le cas du sable plus gros : la couche inférieure était imbibée et la partie supérieure simplement mouillée.

Enfin, en remplaçant l'eau par l'alcool, corps dont la tension superficielle est près de trois fois moindre que celle de l'eau, la pression est restée également en dessous de celle développée par l'eau. Avec le sable fin, elle a atteint seulement 0^m,70, nombre qui est remarquablement d'accord avec la théorie et qui donne à penser que les défauts de la méthode pratiquée ne sont pas tels qu'ils masquent les faits principaux.

§ 2. — *L'imbibition spontanée du sable a une limite.*

J'ai tenu à changer les conditions de l'expérience en vue de m'assurer, d'une façon décisive, si l'imbibition spontanée du sable sec a une limite assignable.

Pour cela, j'ai rempli une vessie bien dégraissée et imprégnée seulement de la quantité d'eau nécessaire pour donner de la souplesse à la membrane, de sable fin du limon de Hesbaye, bien tassé, et je l'ai fermée au moyen d'une ligature rendant tout départ d'air impossible. Le volume du sable ainsi enfermé dans la vessie a été déterminé en plongeant un instant le sphéroïde dans du *benzène* jusqu'à la ligature, et en mesurant le volume de liquide déplacé. Il est clair que le volume

de la membrane est ainsi compris dans le résultat. J'ai trouvé $229^{\text{cc}},5$, ce qui correspond à une sphère de 76 millimètres de diamètre. Après évaporation du benzène qui avait mouillé la vessie pendant cette opération, je l'ai introduite sous une cloche en verre, pleine d'eau, renversée sur une cuve à eau. De cette façon, je pouvais être renseigné sur l'étanchéité de la vessie, car si de l'air avait passé par la ligature, ou par un défaut de la membrane, il se serait montré dans la cloche.

La membrane s'est donc imprégnée d'eau et le sable sec a absorbé cette eau, à mesure, comme si la vessie avait été exposée à une dessiccation intérieure. L'air renfermé entre les grains de sable gonflait lentement la vessie. Au bout de trois semaines, son volume m'a paru stationnaire. En la retirant alors de l'eau, j'ai été étonné de l'état sous lequel se trouvait le sable : par la simple palpation, on constatait déjà qu'il formait une *masse compacte*, solide, au point de ne pas céder sous l'effort de la main, et entourée partout d'une couche de gaz de 2 à 5 millimètres d'épaisseur. L'air s'était donc dégagé uniformément et l'alimentation, en eau, de la masse de sable ne devait avoir eu lieu que par la partie inférieure qui restait au contact de la membrane, grâce à son poids. Le volume total, mesuré cette fois par le déplacement de l'eau, a été de 288 centimètres cubes; il y a donc eu un gonflement de $288 - 229,5 = 58^{\text{cc}},5$ qui représentent le volume d'eau absorbé par le sable à travers la paroi de la vessie, si l'on ne tient pas compte, bien entendu, de l'état de compression sous lequel se trouvait l'air. Cette compression est, à la vérité, peu importante, et on peut la négliger, car une membrane animale se distend aisément quand elle est exposée à une *macération* prolongée. Au surplus, en piquant la vessie à l'aide d'une épingle, il ne s'est produit qu'une très faible fuite de gaz.

Il est intéressant de rechercher à quoi correspond ce volume de $58^{\text{cc}},5$.

A cet effet, comparons ce volume avec celui du sable. Il faut déduire, naturellement, des volumes mesurés avant et après l'imbibition, le volume de la membrane gonflée. Ce dernier peut être estimé d'une manière suffisamment exacte par voie de pesée, car la densité de la membrane imprégnée d'eau est très près de l'unité. J'ai donc coupé la vessie sous la ligature et j'en ai retiré le bloc de sable. Le poids de la membrane imprégnée a été de $7^{\text{gr}},35$. Il en résulte que le volume vrai du sable était $229^{\text{cc}},5 - 7^{\text{cc}},35$, ou $222^{\text{cc}},15$; le volume vrai du sable et de la couche d'air qui l'enveloppait : $288 - 7^{\text{cc}},35 = 280^{\text{cc}},65$. Or, on sait, d'après les calculs de M. Edm. Van Aubel et du capitaine E. Cuve-

lier, que dans un sable idéal, formé de grains sphériques égaux, le volume des vides est indépendant de la grosseur des grains et égal à 26 % du volume total. Calculons donc l'espace vide compris dans les 222^{cc},15 de sable supposé sec.

Nous trouvons :

$$\frac{222^{\text{cc}},15 \times 26}{100} = 57^{\text{cc}},759$$

nombre qui se rapproché d'une manière surprenante des 58^{cc},5 trouvés. L'accord est même si grand, étant données les circonstances de l'expérience, qu'on peut regarder le sable comme s'étant *totalement imbibé d'eau*.

L'exactitude de cette conclusion ressort, d'ailleurs, de l'examen de la masse de sable elle-même. J'ai déjà dit qu'elle était dure et solide au point de résister à l'écrasement sous l'effort de la main. J'ajouterai qu'elle se laissait couper au couteau, en tranches fines, de moins de 4 millimètre d'épaisseur, restant parfaitement debout, comme si elles avaient été de terre plastique ; mais ces lamelles ne supportaient pas la flexion ; elles étaient cassantes. Jeté dans l'eau, ce sable imbibé s'éboulait en une boue fluide *sans laisser se dégager la moindre bulle d'air*, point qui prouve la conclusion précédente. Si au lieu de jeter ce sable dans l'eau, on dépose seulement une goutte d'eau sur une des tranches débitées au couteau, surtout sur les bords, on constate un foisonnement et aussitôt la solidité de la masse est détruite ; le sable devient *boulant*.

Je crois utile d'insister sur la solidité qu'avait cette masse de sable imbibé, parce qu'on peut y trouver l'explication de quelques phénomènes souvent observés dans la nature, et peut-être aussi une *définition du boulant*. La masse ne renfermant que l'eau exactement nécessaire pour mouiller les grains et en remplir les intervalles, était au maximum de solidité qu'elle pouvait devoir aux forces capillaires. Sa *compacité* était l'expression de la *somme* de toutes les actions capillaires élémentaires en jeu, entre les grains, sous l'influence de l'eau. Avec moins d'eau, il y aurait eu place pour de l'air, ce qui aurait causé une solution de continuité et, par conséquent, compromis la solidité. Avec plus d'eau, au contraire, les grains n'auraient pas été serrés les uns contre les autres ; ils auraient glissé comme s'ils avaient été lubrifiés, et la masse aurait eu la consistance d'une boue épaisse.

Il est très remarquable que l'imbibition du sable, dans les conditions précédentes, s'arrête précisément au moment où les forces capillaires produisent le maximum de leur action. C'est qu'alors l'effort d'absorp-

tion exercé par le sable sur la membrane animale imprégnée d'eau est, selon toute apparence, en équilibre avec la force qui fait gonfler la membrane d'eau. Celle-ci n'agit, en réalité, aucunement *comme une passoire* au travers de laquelle pourrait passer un volume quelconque d'eau si on lui en laissait le temps, mais elle agit d'une manière limitée : elle ne cède l'eau qu'elle a absorbée elle-même qu'à des milieux dont le pouvoir absorbant est plus grand que le sien, de manière que quand le passage apparent du liquide est arrêté, *c'est qu'il y a équilibre entre les deux pouvoirs absorbants*. En un mot, l'emploi d'une membrane imprégnable est, peut-être, le meilleur moyen, sinon le seul, de faire pénétrer dans une masse pulvérulente ou autre, la quantité d'eau correspondant à la mise en jeu des seules forces capillaires, sans s'exposer à introduire un surplus de liquide.

La définition du *boulant*, qui semble se dégager de tout ceci, serait qu'un *sable commencerait à fluer à partir du moment où il contiendrait plus d'eau que ne le permettent les seules forces capillaires* ; la fluidité de ce sable grandirait alors, naturellement, avec la quantité d'eau, du moins jusqu'à une certaine limite supérieure que nous allons voir se dégager des expériences suivantes.

Il serait intéressant de vérifier si l'argile, ou d'autres substances semblables, accusent aussi un maximum d'imbibition dans les conditions susdites.

Il me sera permis de faire remarquer aussi l'analogie de forme qu'ont ces expériences avec celles qui conduisent à la constatation de la *pression osmotique*, que la chimie physique a su si bien utiliser. Peut-être l'analogie va-t-elle plus loin que la forme extérieure et l'explication de la pression osmotique se trouverait-elle plutôt dans une faculté d'imprégnation propre aux solutions que dans l'action cinétique des molécules des corps dissous sur le dissolvant, comme on l'admet généralement aujourd'hui, assez gratuitement, il faut le dire. Mais l'examen de cette question s'écartant de notre sujet, je ne m'y arrêterai pas et passerai à la relation d'autres expériences.

§ 3. — *Du tassement du sable dans des liquides différents.*

Je me suis proposé de contribuer à la vérification de la thèse de M. le professeur Höfer, dont il a déjà été question au début de ce travail et qui a déjà fait l'objet d'un examen de la part de M. Feret (1), ainsi qu'il a été dit aussi.

(1) Procès-verbaux des séances du *Boulant*, 2 juillet 1901, p. 125.

On se souvient que pour M. Höfer, c'est une erreur de croire que le sable boulant se tasse par le drainage; ce savant base son opinion sur des observations faites en grand, dans des localités où, par suite de travaux industriels, on a pu épuiser plus ou moins complètement l'eau que contenaient des couches de sable boulant : jamais on n'aurait observé d'affaissement du sol pouvant être rattaché à un tassement du sable.

En réalité, il n'en saurait être autrement si le sable boulant observé ne peut fuir et surtout s'il est chargé d'autres terrains qui le compriment. En effet, alors, les grains de sable doivent se toucher ou être écartés, tout au plus, les uns des autres de l'épaisseur de la mince couche d'eau qui s'étale à leur surface par capillarité. On estime l'épaisseur de cette couche à $\frac{1}{20\,000}$ de millimètre. Une colonne idéale formée de 20 000 grains de sable rangés en file, grandirait donc seulement de *un* millimètre si de l'eau s'y insinuait par capillarité; dans la réalité, l'agrandissement serait même moindre parce que la disposition des grains est plus compliquée. Étant données les dimensions les plus communes des grains de sable, on calcule facilement que pour produire un affaissement de 1 millimètre seulement, il faudrait enlever l'eau, voire dessécher complètement une couche de sable d'au moins 5 mètres de puissance. Cet affaissement rentre certainement dans les grandeurs dont les géomètres les plus habiles ne sauraient répondre dans un nivellement.

L'opinion de M. Höfer est donc fondée et naturelle. Quoi qu'il en soit, il est toujours utile au point de vue scientifique de modifier les conditions des observations et de s'assurer s'il ne reste plus rien de nouveau à apprendre.

On peut remarquer, par exemple, que si le foisonnement du sable dans un liquide est dû vraiment à l'insinuation de celui-ci entre les grains, il doit être différent d'un liquide à un autre et se trouver peut-être même en relation plus ou moins simple avec les constantes capillaires ou avec les grandeurs moléculaires.

J'ai donc délayé du sable fin, bluté, dans des liquides de nature différente; il y en avait douze en tout, dont les constantes capillaires et les volumes moléculaires étaient connus. La boue fluide a été abandonnée au repos et le dépôt de sable a été mesuré. Pour arriver à des résultats comparables, chaque liquide a été agité avec un poids égal de sable sec, 45 grammes, dans un tube en verre calibré et gradué. Le tableau que nous reproduisons à la page suivante renseigne sur les progrès du tassement du sable avec le temps.

On peut le voir, le résultat a été contraire à toute attente. Le lendemain du jour où les tubes avaient été chargés, les hauteurs du sable différaient d'un tube à un autre au point d'écarter toute pensée d'intervention des forces capillaires ou des grandeurs moléculaires. Avec le temps, les différences de hauteur ont été *s'effaçant*, de sorte que, le douzième jour (et même avant pour plusieurs tubes), toutes les hauteurs, hormis une, celle du sable dans le benzène, se sont trouvées au même niveau; la dernière a atteint la même valeur peu de temps après.

	HAUTEUR DU SABLE EN MILLIMÈTRES			
	Après 1 jour.	Après 3 jours.	Après 6 jours.	Après 12 jours.
Eau	227	227	212	195
Alcool méthylique	230	230	217	195
Alcool éthylique	217	216	205	195
Alcool propylique.	225	215	205	195
Alcool butylique	235	225	205	195
Alcool amylique	222	220	195	195
Éther éthylique.	265	245	220	195
Formiate d'éthyle.	245	220	195	195
Acétate d'éthyle.	240	230	207	195
Acétate d'amyle.	245	230	212	195
Benzoate d'éthyle	245	230	210	195
Benzène	252	242	222	204

Il est donc établi que le sable finit par se tasser d'une manière égale dans des liquides différents; la vitesse de tassement, seule, varie beaucoup d'un liquide à un autre.

Quelle peut être la cause de ce phénomène inattendu? C'est ce que les expériences suivantes vont nous montrer.

§ 4. — *Du tassement du sable sec dans le vide et dans des gaz différents.*

Bien que, dans les expériences précédentes, la durée du tassement ne fût pas en rapport simple avec la viscosité des liquides, il m'a paru utile, néanmoins, de constater comment le sable se comporte dans les milieux

dont la viscosité est nulle ou négligeable relativement à celle des liquides.

A cet effet, j'ai versé du sable fin dans un tube en verre, de la forme figurée ci-après. Le fond avait reçu un tampon d'asbeste pour retenir le sable, et le tube pouvait être relié à une trompe à eau par l'ajutage soudé au fond.

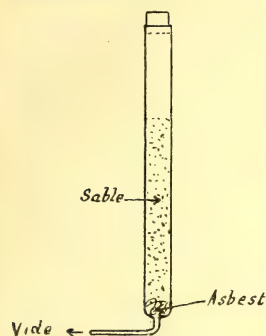


Fig. 2.

Le sable, librement versé dans l'air, atteignait une hauteur de 240 millimètres ; le diamètre du tube était de 2 centimètres. L'ouverture supérieure du tube ayant été bouchée, le vide a été fait. Le sable est alors descendu de 48 millimètres, soit donc de 20 % de sa hauteur première. L'air contribuait par conséquent à maintenir le sable comme suspendu.

Après avoir laissé rentrer l'air et avoir agité le sable dans le tube, le niveau de 240 millimètres s'est rétabli, à très peu près. En ébranlant le tube par de petits chocs, il se produisait aussi un tassement, mais dans aucun cas celui-ci n'a été aussi profond que dans le vide : le sable s'arrêtait à 200 millimètres environ, au lieu de descendre à 192 millimètres, comme cela avait lieu dans le vide. Les chocs produisaient donc une descente d'un peu plus de 16 %. Le restant, c'est-à-dire 4 %, ne pouvant plus être franchi à la faveur de l'ébranlement dû aux chocs, on peut en conclure, sans doute, que chaque grain de sable se trouve entouré d'une enveloppe d'air assez adhérente pour ne pas céder et qui empêche le contact réel des grains.

Pour contrôler cette conclusion, j'ai opéré de deux manières :

En premier lieu, j'ai chassé l'air et l'humidité adhérents aux grains en chauffant le sable au rouge sombre, dans un creuset de platine, puis j'ai versé le sable chaud dans le tube, où je l'ai laissé se refroidir. Il est descendu, après quelques chocs, à peu près aussi bas que dans le vide, à 195 millimètres au lieu de 192.

Le second contrôle est plus probant.

Si véritablement les grains de sable restent écartés les uns des autres par de l'air interposé, il faut qu'en chauffant le volume de sable, on détermine une forte dilatation, puisque l'air double son volume, comme l'on sait, pour une élévation de température de 273°. J'ai donc mis un tube contenant du sable tassé dans l'air, par chocs, dans une étuve chauffée. Le résultat a d'abord été nul. Cela devait être, car la chauffe ayant eu lieu progressivement, l'air dilaté a eu le temps de se dégager des grains et de s'échapper du tube qui était resté ouvert. Mais si l'on

bouche le tube avant de le chauffer et qu'on l'ouvre quand la température s'est élevée, on voit le sable se soulever dans toute la masse, poussé qu'il est par l'air qui se dégage.

On peut donc regarder comme prouvé que l'air forme, autour des grains de sable, une enveloppe dont l'épaisseur est très sensible et que la solidité de cette enveloppe est d'autant plus grande que son épaisseur est plus petite; en deçà d'une certaine limite, elle ne cède plus aux chocs. Mais, chose curieuse, si les chocs ne l'ébranlent plus, le *temps* finit par en avoir raison. En effet, une colonne de sable fin, qui avait 363 millimètres de hauteur, ne cédant plus aux chocs, est tombée à 358 millimètres le lendemain, au premier ébranlement. Jamais, cependant, il ne s'est produit un tassement aussi profond que dans le vide.

Il est donc à noter que le tassement du sable dans l'air a la même allure que dans les liquides; il est d'abord rapide et s'achève avec une lenteur de plus en plus grande. Il est surprenant que l'ordre de grandeur du tassement dans les liquides et les gaz soit le même. Si l'on prend, en effet, la moyenne des nombres trouvés à l'aide des liquides (voir le tableau de la page 22), après le premier jour, comme origine, on trouve qu'une hauteur de sable de 237 millimètres finit par devenir 193 millimètres, ce qui donne un affaissement d'un peu plus de 18 %, affaissement qui diffère bien peu des 20 % que l'on observe à l'aide de l'air.

Pour vérifier, enfin, si le tassement du sable diffère avec la nature des gaz, j'ai rempli le tube figuré page 23 de sable fin, en évitant de le faire descendre par chocs, puis, quand il s'est trouvé librement déposé dans son duvet d'air, j'ai fait arriver par-dessous un courant d'hydrogène. Je n'ai pu constater aucun changement dans la position du sable, même lorsque l'air fut complètement remplacé par l'hydrogène, soit après plus d'une demi-heure de circulation de gaz. Un courant d'anhydride carbonique a servi ensuite à déplacer l'hydrogène; mais le résultat est resté négatif.

Il paraît donc que la nature des gaz, c'est-à-dire, pour le cas qui nous occupe, la vitesse différente de leurs molécules, n'a pas d'influence sur le tassement du sable.

§ 5. — *Le sable absorbe les gaz dissous dans l'eau.*

Si la formation d'une enveloppe de gaz, d'épaisseur sensible, autour des grains est aisément admissible, il est plus difficile de concevoir que les liquides, qui sont si peu compressibles, en produisent une aussi au

point de tenir les grains écartés les uns des autres dans la mesure signalée plus haut. Il est donc intéressant de rechercher comment les choses s'arrangent dans le cas d'un liquide qui tient un gaz en solution, c'est-à-dire dans le cas où le sable est à la fois aux prises avec un liquide et un gaz.

A cet effet, j'ai préparé une solution d'*acide carbonique* à l'état presque saturé, et j'ai observé le tassement du sable en opérant dans un tube, comme précédemment.

A peine le sable, qui avait d'abord été complètement délayé dans l'eau chargée de gaz, fut-il simplement rassemblé, donc bien avant son tassement complet, qu'il est apparu une foule de bulles de gaz directement visibles parmi ses grains; à l'aide d'une loupe, on en découvrait bien davantage encore. Ces bulles, qui ne parvenaient pas à se frayer un passage, maintenaient le sable *dilaté* et faisaient obstacle à son tassement. En faisant rouler le sable par renversement du tube bouché à l'aide du doigt, on déterminait le départ des bulles, mais il s'en formait de nouvelles par le repos, de sorte qu'un tassement complet n'avait pas lieu. Celui-ci ne s'est produit qu'après l'expulsion totale du gaz par l'ébullition du liquide, dans le vide, pendant un certain temps. Le sable *adsorbait* donc le gaz dissous et le libérait de son état de dissolution.

Pour contrôler directement si le sable dépouille l'eau d'un gaz dissous, j'ai préparé une solution titrée d'acide carbonique et, après l'avoir traitée par du sable comme précédemment, j'ai déterminé son titre à nouveau.

Voici les données numériques obtenues à l'aide de sable gros et de sable fin :

	Sable gros.	Sable fin.
Titre d'un litre de solution avant le contact du sable . .	1 ^{gr} ,827	1 ^{gr} ,827
Id. après contact	0 ^{gr} ,351	0 ^{gr} ,117
Chute du titre	1 ^{gr} ,476	1 ^{gr} ,710
Id. en %	80.5	93.6

Le résultat est évident, mais il importait encore de s'assurer si le gaz était vraiment retenu autour des grains de sable et non, peut-être, simplement expulsé du liquide. Pour cela, il suffit de vérifier si le pou-

voir *adsorbant* des grains de sable diminue par l'exercice de la faculté adsorbante, car s'il s'agissait, dans l'espèce, d'une simple expulsion mécanique, le grain de sable, instrument d'expulsion, devrait fonctionner toujours avec la même activité dans un liquide de même titre.

J'ai donc décanté le liquide clair qui se trouvait au-dessus des sables de l'essai précédent et je l'ai remplacé par une nouvelle portion de la solution mère d'acide carbonique.

Les résultats ont été les suivants :

	Sable gros.	Sable fin.
Titre de la solution mère.	1 ^{gr} ,827	1 ^{gr} ,827
Id. après contact du sable	1 ^{gr} ,353	1 ^{gr} ,693
Chute du titre.	0 ^{gr} ,474	0 ^{gr} ,134
Id. en %	25.9	7.3

Le résultat est remarquablement net, comme on le voit. Dans la première opération, la chute du titre avait été énorme et plus grande pour le sable fin que pour le sable gros, sans être, toutefois, en relation simple avec le rapport des surfaces libres des deux sables; puis, dans la deuxième opération, non seulement la chute du titre a été plus faible, mais elle a été moindre encore avec le sable fin; ceci est très rationnel, puisque le sable fin avait adsorbé déjà plus de gaz dans la première opération.

Dans une troisième opération, les résultats se sont encore accentués pour le sable gros, mais non pour le sable fin, ainsi que le fait voir le tableau suivant :

	Sable gros.	Sable fin.
Titre de la solution mère.	1 ^{gr} ,827	1 ^{gr} ,827
Id. après contact du sable	1 ^{gr} ,381	1 ^{gr} ,275
Chute du titre.	0 ^{gr} ,446	0 ^{gr} ,252
Id. en %	24.4	13.8

Autant qu'on peut juger par ces quelques déterminations, dont la valeur n'est d'ailleurs qu'*indicative*, un *état d'équilibre* s'établirait entre

la solution d'acide carbonique et le gros sable quand celui-ci aurait fait tomber le titre primitif d'environ 25 %, le restant du gaz se dégageant mécaniquement; pour le sable fin, on pourra peut-être regarder la limite de 10 % comme assez probable.

Ces faits nous obligent donc à regarder l'homogénéité d'une solution de gaz dans l'eau comme rompue par la présence du sable. Il se fait un travail de concentration du gaz autour de chaque grain de sable; celui-ci s'entoure d'une atmosphère particulière, malgré la présence du liquide. Cette couche de gaz n'est pas visible, mais elle se trahit parce que le tassement du sable dans l'eau chargée de gaz ne se fait pas aussi complètement que dans l'eau qui a bouilli dans le vide, ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Il importe de ne pas perdre de vue que l'état particulier du sable enveloppé de gaz, à sec, ou dans un liquide, ne peut être qu'un état instable cédant nécessairement devant toutes les actions physiques ou mécaniques qui engendrent ou détruisent l'état de saturation ou de sursaturation d'un liquide par un gaz, tels la lumière, la température, le choc ou l'agitation. Aussi n'est-il pas surprenant de constater, à la longue, la mise à jour du gaz dissous, au sein de la masse sableuse, sans changement apparent dans les conditions physiques extérieures. Quand les bulles libérées arrivent à se dégager, le sable se tasse d'autant; de sorte qu'à la fin, le tassement peut probablement devenir aussi complet que dans le vide.

Il est à noter également que le pouvoir d'*adsorption* du sable pour les gaz dissous n'a pas une intensité bien grande. Il ne pourra se manifester que dans les solutions qui sont près de leur point de saturation. Dans les autres, l'*affinité* du gaz pour le liquide peut dépasser de beaucoup celle du gaz pour le sable et alors les phénomènes mentionnés plus haut ne se manifesteront pas. Je ne m'étendrai pas, pour le moment, sur cette question particulière, parce qu'elle est plutôt du ressort de la chimie physique; je me bornerai à dire que l'on peut constater aisément le phénomène qui nous intéresse, en opérant sur certaines substances liquides qui se prêtent mieux aux manipulations que les solutions de gaz, ainsi qu'on pourra le voir dans le paragraphe suivant.

§ 6. — *Le sable décompose certaines solutions.*

L'eau et l'alcool sont, comme on sait, miscibles en toutes proportions; ils fournissent un exemple parfait de solutions réciproques de liquides.

Si l'on agite une de ces solutions avec du sable, gros ou fin, on ne

constate cependant aucun changement dans leur composition : le titre en alcool reste exactement le même d'après les essais que j'ai faits. Ce résultat négatif est dû à ce que l'affinité réciproque de l'eau et de l'alcool est bien supérieure à l'affinité du sable pour l'eau. En effet, si l'on fait choix d'une autre couple de liquides le résultat devient positif.

L'eau et l'acide propionique sont aussi miscibles en toutes proportions, mais leur solution est facilement détruite si l'on y dissout un sel, tel que le chlorure de calcium, qui a pour l'eau une grande affinité. On constate alors une mise en liberté d'acide propionique parce que celui-ci surnage comme de l'huile sur l'eau. Eh bien, si l'on agite avec du sable une solution faite de volumes égaux d'eau et d'acide propionique et que l'on dégage ensuite l'acide propionique par l'addition de chlorure de calcium à un volume déterminé du liquide décanté de dessus le sable, on observe qu'il apparaît *au delà de 10 % d'acide de plus* que dans un autre volume égal qui n'a pas été agité avec du sable. Ceci prouve bien que le sable attire plus fortement à lui l'eau que l'acide propionique et qu'il l'accapare dans une proportion notable.

Un autre fait à mentionner aussi, dans le même ordre d'idées, est que si l'on agite du sable, fin ou gros, avec du benzène, de manière à le bien mouiller et qu'après on l'agite avec de l'eau, le benzène se trouve déplacé et vient former une couche au-dessus de l'eau; l'affinité du sable pour l'eau est donc plus grande que pour le benzène. Cette substitution de l'eau au benzène est analogue à la substitution des gaz à l'eau dans les expériences précédentes; on peut sans doute admettre même qu'on se trouve en présence d'un fait ayant un certain caractère de généralité.

§ 7. — *Densité apparente de l'eau dans laquelle du sable est en suspension.*

D'après ce qui précède, on ne peut plus regarder l'eau dans laquelle du sable est en suspension comme ayant une densité égale à celle de l'eau pure. Si autour de chaque grain de sable il y a une couche condensée de liquide, ou de gaz, qui se raccorde insensiblement au restant de l'eau, on devra envisager, jusqu'à un certain point, un mélange d'eau et de sable comme formant un seul corps et non comme la simple juxtaposition de deux corps différents. Quand du sable est en voie de se déposer au fond de l'eau, on ne doit pas penser que l'on assiste à une chute des grains de sable à travers l'eau, mais bien que le sable et du liquide descendent à la fois, comme s'ils étaient d'une pièce. Arrivés sur les couches du fond, ils seront renvoyés ensuite de la vitesse acquise et remonteront jusqu'à une certaine hauteur dépen-

dant de la force vive, pour retomber ensuite. Ce n'est qu'à la suite de l'épuisement de la force vive par le frottement intérieur que le calme s'établira.

L'exactitude de ces considérations se vérifie très aisément par l'expérience. En effet, si le sable et l'eau sont jusqu'à un certain point *solidaires*, leur ensemble devra avoir une densité spéciale.

Ceci étant admis, versons dans un tube en verre, fermé par un bout (un tube de 0^m,60 de long et 0^m,02 de large), du sable imprégné totalement d'eau jusqu'à la moitié de la hauteur et achevons le remplissage à l'aide d'eau pure. Fermons le tube et retournons-le; toute la masse de sable et d'eau se frayera un passage à travers l'eau pure, comme à travers une substance étrangère, de sorte que l'eau pure sera de nouveau au-dessus. Que c'est bien ainsi que les choses se passent, c'est ce que montre l'addition d'une trace de matière colorante, du bleu de méthyle ou de la fluorescéine, à l'eau qui imprègne le sable. En retournant le tube dans ces conditions, on assiste à tout le spectacle de la formation des deux courants liquides et de leur *côtoyement* sans mélange bien prononcé. Quand tout est rentré en repos, le liquide surnageant s'est à peine coloré. On peut retourner le tube plusieurs fois avant que la matière colorante soit uniformément répartie, tandis que si l'on fait le même essai sans sable, il suffit d'un renversement pour produire l'homogénéité de la coloration.

En résumé, l'eau pure et l'eau mêlée au sable se comportent comme deux liquides inégalement denses, superposés.

On peut vérifier le fait d'une manière plus probante encore. En effet, si, de deux vases communicants, on remplit l'un d'eau pure et l'autre de sable et d'eau, le niveau ne sera le même dans les deux vases *que si le sable repose sur le fond du vase*; si, au contraire, on le maintient en suspension dans l'eau en évitant, bien entendu, toute variation dans la hauteur de la colonne liquide, chose facile à faire à l'aide de l'agitateur mécanique de Loesner, *l'égalité de niveau de s'établit plus*: une hauteur d'eau et de sable fin de 0^m,120 fait contrepoids à une hauteur d'eau pure de 0^m,134; c'est-à-dire qu'il y a une différence de niveau de 14 millimètres.

A l'appui de ce qui précède, je dirai que l'étude de la densité des liquides troubles proprement dits, et même des gaz chargés de fumée ou d'un brouillard, a déjà été faite. Le professeur V. Garcia de la Cruz, de Madrid, a publié, en 1894 (1), ses curieuses expériences à ce sujet.

(1) Barcelone. Imprimerie de la *Casa P. de Caridad*. Voir aussi *Revue scientifique*, mars 1895, p. 272.

Il montre, par exemple, dans le cas des gaz, qu'un petit ballon gonflé d'hydrogène, et lesté de manière à ne pas s'élever dans l'air pur, s'élève, au contraire, quand l'air est troublé en y faisant passer de la fumée quelconque. Les expériences précédentes ne sont donc qu'une extension de celle de M. Garcia de la Cruz au cas où les matières troublantes sont si volumineuses qu'elles ne restent suspendues que grâce à une agitation continue.

L'eau et le sable mêlés fonctionnent donc comme un liquide de densité plus grande que celle de l'eau. Il n'y a pas lieu de s'étonner, dès lors, que leur irruption produise, dans certains cas, des effets dépassant les prévisions.

§ 8. — *Influence des gaz dissous dans les liquides sur le tassement du sable.*

L'ensemble des renseignements que nous venons de recueillir nous permet, à présent, de résoudre la question du tassement des sables dans différents liquides, question que nous avons dû laisser en suspens.

L'obstacle le plus grand au tassement du sable se trouve dans la présence des gaz dissous dans les liquides. Les divers liquides qui ont été employés (voir plus haut) dissolvant plus ou moins bien les gaz doivent agir inégalement. Il est facile de vérifier, par exemple, que dans de l'eau saturée d'acide carbonique, le tassement est moins complet que dans de l'eau pure. En effet, ayant versé du sable dans une solution carbonique et l'ayant laissé se déposer, j'ai noté d'abord une hauteur de 178 millimètres. Après avoir expulsé tout le gaz en faisant bouillir l'eau dans le vide, la colonne de sable est tombée aussitôt à 158 millimètres, soit donc à 20 millimètres plus bas.

J'ai repris alors les expériences mentionnées page 22, en me bornant, cette fois, à opérer à l'aide des liquides dans lesquels le tassement avait été le plus lent, savoir : le *benzène*, l'*éther éthylique*, l'*alcool méthylique* et l'*acétate d'amyle*. En soumettant les tubes renfermant le sable et les liquides au vide, il s'est dégagé un volume énorme de gaz (de l'air?). Après repos, le sable s'est tassé effectivement plus qu'il ne l'avait fait lors des premiers essais après une semaine d'attente; mais le tassement complet ne s'est cependant pas produit d'emblée : il a fallu attendre quelques jours encore. Il résulte de là que si la présence du gaz a une influence capitale sur le retard du tassement, le liquide en exerce une de son côté.

Il est très remarquable que le dernier rapprochement des grains ait lieu lentement, bien que spontanément. Ce fait a déjà été observé par M. Feret au moyen de la farine de marbre (*loc. cit.*). Il paraîtrait plus naturel que l'enveloppe liquide dans laquelle chaque grain de sable se trouve logé, fût permanente plutôt que temporaire. Sans doute se compose-t-elle de couches concentriques, en équilibre d'autant moins stable qu'elles sont plus éloignées du centre. Un sable à gros grains devra donc se tasser plus rapidement, indépendamment de l'action plus grande de la pesanteur, qu'un sable à grains plus fins.

Enfin, j'ai répété les expériences de M. Feret sur le tassement des sables en en modifiant les conditions.

Au lieu de laisser le sable se tasser dans l'eau, j'ai provoqué d'abord le tassement du sable mouillé, aussi complètement que possible, en l'exposant au vide jusqu'à dessiccation, puis j'ai fait arriver l'eau, lentement, par le dessous afin de vérifier si la colonne de sable grandissait à la suite de l'imbibition.

Je me suis servi, à cet effet, du tube figuré page 23. Après l'avoir rempli de sable et d'eau, j'ai fait le vide et renouvelé l'eau aussi longtemps que le tassement se produisait encore. Le sable a été ensuite desséché dans le tube même, par circulation d'air sec, déterminée par le fonctionnement incessant de la trompe. Enfin, le tube a été plongé verticalement dans une éprouvette pleine d'eau, de manière que le niveau du sable fût toujours dans le même plan que le niveau extérieur de l'eau. Le sable s'est donc imbibé d'eau, en commençant par le dessous, tandis que le dégagement de l'air se faisait librement par le dessus. *Dans ces conditions, le sable n'a pas foisonné.* Mais si l'on enfonce le tube dans l'éprouvette de manière que le niveau du sable soit *plus bas* de quelques centimètres (8 à 10) que le niveau de l'eau, *la colonne de sable foisonne.* Si elle était de 75 millimètres à l'origine, elle atteint 78^{mm},5; il y a donc un foisonnement de 5^{mm},5 ou

$$\frac{3.5 \times 100}{75} = 4.66 \text{ } \%.$$

Ces résultats n'ont rien que de très naturel, si l'on fait attention que l'eau chargée de sable a une densité plus grande que l'eau pure (voir plus haut). Dans le premier cas, où le niveau du sable était au niveau de l'eau, le sable mouillé ne pouvait être soulevé par l'eau, car il fonctionnait comme une masse plus dense. Dans le second cas, au contraire, le sable imbibé devait s'élever en vertu du *principe des vases communicants*, jusqu'à ce que sa hauteur fût en raison inverse de sa

densité apparente, relativement à la hauteur de l'eau à l'extérieur du tube.

Toutefois, cette cause de foisonnement du sable se trouve contrariée, naturellement, par l'action inverse du tassement due à la pesanteur, de sorte que l'on ne peut s'attendre qu'à un état d'équilibre entre les actions en jeu, état d'équilibre qui s'est trouvé atteint, dans le cas présent, par le foisonnement de 4.66 %.

En somme, il n'y aura foisonnement du sable qui s'imbibe d'eau, que dans le cas où la contre-pression de l'eau sera au moins égale à la charge du sable imprégné, telle que la fait connaître sa densité apparente; alors seulement la masse de sable mouillé se fusionnera, en quelque sorte, avec l'eau qui s'insinue et elle participera, dans une certaine mesure, des propriétés générales d'un corps liquide unique.

RÉCAPITULATION.

1. L'imbibition d'un sable sec a lieu jusqu'à ce que l'air expulsé d'entre les grains par le liquide ait atteint une certaine pression dont la grandeur dépend essentiellement de la constante capillaire du liquide et de la finesse du sable; toutefois, l'arrêt de l'imbibition n'empêche pas le mouillage général des grains de sable.

2. Une masse de sable sec et meuble, qui s'imbibe d'eau, passe par un *maximum de solidité*. Celui-ci est un état d'équilibre instable parce que l'addition ou l'enlèvement d'un peu de liquide provoque une dislocation marquée. Quand le sable se trouve dans cet état d'équilibre, il se laisse débiter en tranches fines, restant debout.

3. Le degré d'imbibition qui donne à une masse de sable le maximum de solidité est en équilibre physique avec le degré de libre imprégnation d'eau des membranes animales.

4. Le sable se tasse d'une manière égale dans des liquides chimiquement différents. Le degré de tassement ne dépend donc ni des constantes capillaires ni des grandeurs moléculaires des liquides. Toutefois, la rapidité du tassement dans divers liquides n'est pas la même; elle varie dans une large mesure sans être, non plus, en relation simple avec les constantes physiques des liquides.

5. Le tassement du sable dans les gaz présente le même caractère que dans les liquides. Il est aussi indépendant de la nature chimique des gaz. Ceci prouve que la densité des gaz n'intervient pas comme facteur essentiel dans le phénomène.

6. Le sable détruit l'état de *sursaturation* et même l'état de *satura-*

tion d'une solution d'un gaz dans l'eau. Il *adsorbe* le gaz autour de ses grains au point d'en libérer une notable partie. L'enveloppe de gaz formée autour des grains fait obstacle au tassement, mais comme cette enveloppe est dans un état d'équilibre instable, elle finit par disparaître et le tassement s'achève.

7. Si l'on agite avec du sable une solution mutuelle de deux liquides n'ayant pas, l'un pour l'autre, une trop grande affinité, on constate que la solution change de composition. Le sable concentre autour de lui le liquide pour lequel il a le plus d'affinité, de sorte que la proportion de l'autre devient plus forte dans la partie éloignée du sable.

8. L'eau dans laquelle du sable se trouve suspendu accuse une densité plus grande que celle de l'eau pure. La différence peut dépasser 10 %.

9. Du sable mêlé d'eau se comporte comme un liquide particulier : il traverse même de l'eau pure sans lui abandonner celle qu'il retient autour de ses grains.

10. Les gaz dissous dans les liquides sont l'obstacle le plus grand au tassement rapide du sable, mais ils ne sont pas seuls à agir. La couche de liquide qui adhère aux grains de sable retarde, de son côté, le tassement d'autant plus qu'elle est plus fine, sans doute parce que sa solidité grandit à mesure que son volume diminue.

11. Du sable qui s'imbibe librement d'eau, de manière que l'air puisse s'en dégager, ne *foisonne* pas si le niveau de l'eau d'imbibition est égal ou inférieur à la surface libre du sable. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si l'eau pénètre dans le sable sous une certaine pression, même faible, le *foisonnement a lieu*; c'est qu'alors l'eau pourra faire équilibre et même soulever la masse *de sable et d'eau* qui fonctionne comme un corps unique et dont la densité apparente est supérieure à celle de l'eau pure.



LE

BASSIN HOUILLER DE LA CAMPINE

PAR

J. KERSTEN (1)

Inspecteur général des Charbonnages patronnés par la Société Générale
pour favoriser l'Industrie Nationale.

Planches I et II.

Depuis la découverte du bassin houiller de la Campine en août 1901, les recherches se sont multipliées et ont fourni un faisceau de renseignements dont la coordination permet de se faire une idée de la constitution probable du nouveau bassin.

On possède actuellement des données sur les morts-terrains et sur le terrain houiller et on peut même, jusqu'à un certain point, prévoir l'existence de failles qui découperaient le gisement en de grands quadrilatères, ayant bougé les uns par rapport aux autres.

Nous examinerons successivement tous les faits acquis en ajoutant l'interprétation qu'on peut leur attribuer.

LIMITES DU BASSIN.

Actuellement, il existe en Campine une cinquantaine de sondages dont 37 ont atteint le terrain houiller, 7 ont donné des résultats négatifs et 6 sont en activité.

Parmi ceux qui ont donné des résultats négatifs, il y a lieu de citer tout particulièrement celui de Kessel, dans la province d'Anvers, et ceux de Hoesselt et de Lanaeken, dans le Limbourg. Ce dernier a été achevé

(1) Communication faite à la séance du 16 décembre 1902 de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

en 1899, avant que le sondage d'Asch n'ait démontré la présence du terrain houiller en Campine.

Le sondage de Kessel a rencontré sous les terrains secondaires, à la profondeur de 610 mètres, le Calcaire carbonifère, qui a été percé sur une hauteur de 40 mètres; au-dessous, on a trouvé le terrain devonien.

A Hoesselt, au sortir du Crétacé, la sonde a touché, à la profondeur de 191^m,70 un phyllade noir qui a été rapporté à l'étage revinien du Cambrien.

Enfin, à Lanaeken, on a atteint le terrain houiller, puis le Calcaire carbonifère, à la profondeur de 278 mètres. A cet endroit, le Houiller n'avait que quelques mètres d'épaisseur et il était représenté simplement par des schistes.

Ces trois sondages ont une grande importance, en ce sens que ceux de Kessel et de Lanaeken jalonnent vraisemblablement la limite Sud du bassin et que celui de Hoesselt fait perdre l'espoir, un certain temps entretenu, de voir le bassin houiller de Liège se relier par un faisceau exploitable à celui de la Campine. De plus, la rencontre du calcaire carbonifère à Kessel rend peu probable le passage du terrain houiller sous la ville d'Anvers.

Jusque maintenant, il est impossible d'indiquer d'une façon quelconque où peut se trouver la limite septentrionale; tous les sondages ont été pratiqués dans des endroits où le terrain houiller s'infléchit toujours vers le Nord, le Nord-Est ou le Nord-Ouest, et on n'a encore constaté nulle part des traces de relèvement qui pourraient faire pressentir l'autre versant du bassin.

MORTS-TERRAINS.

L'épaisseur des morts-terrains est très variable : la puissance minima reconnue jusque maintenant a été de 406 mètres, aux environs de la Meuse, et la puissance maxima, de 775 mètres, dans la province d'Anvers.

Pour la partie explorée à ce jour, les profondeurs moyennes obtenues en prenant les moyennes arithmétiques des résultats des sondages sont :

- 1° Pour toute la Campine 554 mètres.
- 2° Pour le Limbourg seul. 533^m,49
- 3° Pour la province d'Anvers seule. . . 665^m,57

On voit donc d'après cela que loin de se relever dans la province

d'Anvers, comme on l'avait cru tout d'abord, les morts-terrains s'y infléchissent au contraire.

Nous avons tracé sur une carte au 520 000^e (planche I) des courbes de niveau dont l'équidistance est de 50 mètres et qui représentent l'allure de la base des morts-terrains ou, si l'on aime mieux, l'allure du toit du Primaire, rapporté au niveau de la mer à Ostende.

Comme on peut le voir, cette allure est assez régulière et, d'une manière générale, la surface du terrain primaire s'enfonce régulièrement vers le Nord-Nord-Est du pays avec une pente qui semble être un peu moins forte que celle des couches de houille. Ce n'est qu'aux environs de la Meuse que l'on voit les courbes se redresser et se rapprocher : ce mouvement indique la présence d'un anticlinal qui séparerait le bassin belge du bassin hollandais et que les couches de houille contourneraient vers le Nord pour se réunir.

Aux environs d'Opglabbeek, on voit que les courbes s'écartent davantage l'une de l'autre et que trois sondages distants entre eux d'environ 2 kilomètres ont rencontré le terrain houiller à peu près à la même profondeur. Il y a donc en ce point comme un aplatissement de la surface du terrain houiller.

Quant à la composition même des morts-terrains, on peut dire qu'elle est surtout différente quand on va de l'Est à l'Ouest. A l'Est, c'est-à-dire dans le Limbourg, on constate la présence de grandes épaisseurs de sables tertiaires allant en augmentant vers le Nord, direction vers laquelle descendent également les morts-terrains. Ces sables se sont montrés aquifères. Au-dessous de ces sables, on rencontre le Crétacé supérieur, représenté principalement par du calcaire et des marnes.

Dans la province d'Anvers, au contraire, les sables tertiaires diminuent d'importance pour faire place à de puissantes assises d'argiles rupelienne et tongrienne, mais ce qui y domine, c'est surtout le Crétacé supérieur représenté par les marnes dures à silex du Sénonien et les couches verdâtres du Hervien. En certains points, on rencontre des bancs de silex alternant avec de minces lits de marne, sur des hauteurs atteignant 50 mètres.

Les sables de la province d'Anvers ne contiennent probablement pas d'eau. En effet, pendant leur forage, ils absorbent l'eau qui sert au curage du trou.

Il y a cependant certaine réserve à faire au sujet de la conclusion à tirer de ce fait, qui n'est pas suffisant pour prouver d'une façon péremptoire l'absence de nappes aquifères.

Dans plusieurs sondages situés vers la bordure Sud du bassin, on a reconnu, entre les profondeurs de 300 et de 500 mètres, la présence de sources jaillissantes provenant d'une nappe dans laquelle l'eau doit donc être renfermée sous des pressions allant de 30 à 50 atmosphères.

Dans la partie Nord du Limbourg, cinq sondages ont rencontré au-dessous du terrain crétacé des roches gréseuses rouges, sur l'âge desquelles on n'est pas encore très exactement fixé. On est cependant fort tenté de les rapporter à la partie inférieure des terrains triasiques.

Au sondage d'Eelen, qui, comme on le sait, a précédé celui d'Asch, où la houille a été découverte pour la première fois, ces roches rouges ont été rencontrées à la profondeur de 642 mètres et la recherche, poussée jusque 900 mètres, n'en a pas atteint la base.

A Grutrode, la sonde les a reconnues à 709 mètres et le forage, descendu jusque 858 mètres, est resté dans les mêmes terrains.

A Opglabbeek, même résultat de 690 à 717 mètres.

Plus à l'Ouest, au sondage de la ferme de Donderslag, on a rencontré les roches rouges à 670 mètres, mais 15 mètres plus bas, on atteignait le terrain houiller.

Enfin, à Meeuwen, on est entré à 646 mètres dans ces mêmes roches qui n'avaient là que 8 mètres d'épaisseur.

Nous avons indiqué sur notre carte une courbe de niveau à la cote de — 650 mètres, qui représente le toit de ces roches rouges.

La présence du terrain triasique peut s'interpréter de deux façons : il est loisible d'admettre, en effet, que dans cette partie du bassin, comme dans le Nord de la région houillère westphalienne, le terrain triasique remplit de grands chenaux d'érosion dirigés sensiblement S.-N., ou bien l'on peut supposer qu'il existe une faille dirigée O.-N.-O. E.-S.-E. et qui fait renfoncement vers le Nord.

Dans ces conditions, cette faille, qui aurait été produite après le dépôt du Houiller, aurait constitué une grande falaise, contre laquelle la mer triasique venant du N.-E. serait venue battre et qu'elle aurait fini par franchir.

Il est probable d'ailleurs que cette mer a pénétré plus profondément vers le Sud, car au sondage de Beeringen, on a reconnu dans le terrain houiller une faille remplie par une brèche salifère contenant des morceaux de roches rouges. Dans toute cette région, le Trias aurait été enlevé subséquemment par la mer crétacée, qui n'en aurait laissé qu'un lambeau sur les bords de la falaise et de grandes épaisseurs au Nord de celle-ci.

Pour notre part, nous croyons que l'hypothèse d'une faille est plus vraisemblable, et ce pour les deux raisons suivantes :

1° Quand on fait dans cette région des coupes N.-S. passant par des sondages, on remarque que la pente du terrain houiller est faible et assez régulière jusqu'aux environs du passage présumé de la faille; au-delà de celle-ci, on ne connaît pas la profondeur où se trouve le terrain houiller, mais si on admet que celui-ci est voisin de la base des sondages qui ont traversé le Trias, on voit que sa pente doit augmenter très rapidement et d'une façon tout à fait anormale, pour qu'on puisse le raccorder directement avec la partie venant du Sud.

2° Dans le bassin houiller du Limbourg hollandais, des sondages placés aux environs de la ville de Sittard n'ont donné aucun résultat, et comme cette ville se trouve précisément sur le prolongement du passage hypothétique de la faille, il est possible que ces résultats négatifs soient dus au même renfoncement qui a permis en Belgique le dépôt de ces masses considérables de roches rouges.

Quoi qu'il en soit, au point de vue pratique le résultat est le même, c'est-à-dire que dans le Nord du Limbourg belge, le terrain houiller gît à des profondeurs considérables, qui en rendent l'exploitation très aléatoire.

TERRAIN HOUILLER.

D'après les quelques fossiles végétaux et animaux qui ont pu être recueillis dans les sondages, il y a tout lieu de croire que le bassin houiller de la Campine appartient à l'étage westphalien, comme les bassins du Sud de la Belgique, de la Westphalie, du Nord de la France et de l'Angleterre. Il ferait ainsi partie de la grande formation qui a rempli le détroit franco-westphalien après le dépôt du calcaire carbonifère. Il n'est donc pas étonnant que l'on y rencontre la même succession de couches que dans les bassins voisins du même âge.

C'est ainsi qu'à la partie supérieure, on trouve d'abord les charbons secs à longue flamme du genre flénu, renfermant jusque 45 % de matières volatiles; au-dessous viennent ensuite les charbons à gaz. A la base du faisceau des combustibles à 25 % de matières volatiles, se trouve une stampe stérile, dont l'épaisseur va jusque 190 mètres. Puis l'on entre dans les charbons à 21 % de matières volatiles. Au-dessous de ces charbons, il existe une deuxième stampe stérile d'environ 150 mètres d'épaisseur, sous laquelle se trouvent les combustibles maigres.

Cette subdivision n'est pas absolue, car il est vraisemblable que dans

une même couche les teneurs en matières volatiles augmentent vers l'Ouest, et il est possible que dans la province d'Anvers, il n'y ait pas de charbons maigres proprement dits.

Le faisceau de beaucoup le plus riche est le supérieur, le faisceau intermédiaire ne comprend que quelques veines et, pour ce qui est des charbons maigres, il est impossible aujourd'hui de se prononcer sur leur richesse, aucun sondage n'ayant encore traversé complètement le faisceau inférieur.

D'après des coupes verticales passant par différents points et sur lesquelles nous avons tracé des raccordements hypothétiques de veines, nous estimons que le nombre de couches exploitables actuellement reconnues est d'environ 37. Quant à leur puissance, elle est très variable : elle va de quelques centimètres jusque 2 mètres, mais cette dernière est excessivement rare et il semble que la puissance moyenne ne doive pas dépasser celle des couches que l'on déhouille dans les bassins du Hainaut et de Liège.

La récente découverte de la houille au sondage de Santhoven, à 16 kilomètres Est d'Anvers, porte la longueur reconnue du bassin houiller de la Campine à 77 kilomètres. Comme point de comparaison, nous dirons que cette longueur représente le développement du bassin houiller du Hainaut depuis la frontière française, aux environs de Quiévrechain, jusque Floriffoux, à 5 kilomètres Ouest de Namur. Quant à la largeur, elle varie entre 9 et 12 kilomètres.

La superficie ainsi déterminée serait donc de 800 kilomètres carrés environ.

L'allure générale suivie par les stratifications houillères ne peut être déduite que de la teneur des charbons en matières volatiles, en admettant évidemment que cette teneur soit constante pour une même veine. On sait en effet que dans un bassin donné les faisceaux de couches contenant une même quantité de matières volatiles sont à peu près du même âge ; si donc on connaît plusieurs points où sont recoupées des veines d'égale teneur, on est en droit de supposer que ces veines font partie d'un même faisceau, et en joignant les points en question, on obtiendra une série de courbes indiquant sommairement l'allure générale, non pas de chaque veine en particulier, mais bien des faisceaux de veines.

On a pratiqué, il est vrai, en Campine des essais de recherche de direction au moyen d'appareils spéciaux, mais, outre que ces résultats sont sujets à caution, dans plusieurs cas l'on a complètement échoué.

Pour baser un essai de stratigraphie sur les teneurs en matières

volatiles, il faut évidemment supposer exacts les résultats des analyses des couches. Malheureusement, ces analyses n'ont pas été toutes faites sur un même plan et pour qu'elles soient concordantes, il faudrait probablement en rectifier plusieurs; mais comme il nous est impossible de le faire, nous sommes bien obligé de nous en servir telles quelles. C'est au moyen de ces données que nous avons fait figurer sur notre carte au 520 000^e une série de courbes indiquant l'allure générale du bassin houiller. (Voir planche I.)

Sur la première de ces cartes (pl. I), nous nous sommes contenté de réunir fidèlement les points d'égale teneur, en donnant le tracé des allures hypothétiques des faisceaux de veines à 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 % de matières volatiles.

Comme on peut s'en rendre compte par l'allure de ces courbes, ce serait dans le Limbourg, aux environs d'Asch, que se trouveraient les veines les plus riches en matières volatiles (45 %); elles seraient concentrées dans une espèce de cuvette où les morts-terrains atteignent des profondeurs comprises entre 550 et 570 mètres.

Un peu plus au Nord, la courbe des 45 % vient butter contre la faille limitant au Midi les bancs de roches rouges.

A partir de cette cuvette, les veines se dirigent vers l'Est en passant par trois ondulations qui peuvent être produites par des synclinaux et des anticlinaux successifs. Arrivées contre la Meuse, elles se redressent légèrement vers le Nord. Dans cette dernière région, leur inclinaison augmente sensiblement. Si l'on rapproche de cette circonstance, le fait que dans le bassin hollandais la pente du terrain houiller grandit également en se rapprochant de la Meuse, on peut admettre que ces deux allures forment les deux versants de l'anticlinal dont il a été question plus haut et que les couches contournent pour venir se rejoindre au Nord.

Afin que l'on puisse se rendre compte de cette supposition, nous avons fait figurer également sur notre carte les courbes d'égale teneur reconnues dans le bassin hollandais.

A gauche de la cuvette, les veines s'avancent régulièrement vers l'Ouest et, après avoir traversé encore quelques plissements serrés dont l'alignement est sensiblement N.-E.—S.-O., elles pénètrent dans la province d'Anvers, en s'écartant fortement.

Actuellement, dans cette dernière province, les sondages n'ont pas encore rencontré de charbons à haute teneur en matières volatiles; les plus riches qui aient été trouvés n'en contiennent que 27. Aussi, ne voulant pas faire une trop large part aux hypothèses, nous avons arrêté

le tracé des courbes à 35, 40, 45 % à la contrée où les faisceaux de cette nature ont été dûment reconnus.

Tout ceci, comme nous le disions plus haut, a été obtenu en réunissant par des traits continus tous les sondages où des couches d'égale teneur ont été trouvées; mais en procédant de cette manière, on remarque que ces courbes affectent des allures particulières qui pourraient être interprétées par l'existence de grandes failles.

Plusieurs sondages, d'ailleurs, ont été descendus dans des zones dérangées, qui prouvent à l'évidence la présence de failles.

Nous avons déjà cité plus haut la faille de Beeringen et nous ajoutons que dans les sondages de Meeuwen, dans le Limbourg, de Zittaert, de Tongerlo et de Noorderwyck, dans la province d'Anvers, on a également eu affaire à des terrains brouillés.

En envisageant les choses de cette façon, on peut se faire une autre idée du bassin de la Campine, qui serait morcelé par des dérangements dirigés plus ou moins N.-S. (voir pl. II) et qui auraient eu pour conséquence de remonter successivement vers le Nord toutes les couches houillères quand on considère le bassin de l'Est à l'Ouest.

Sur notre deuxième carte, nous avons indiqué ces nouvelles allures. Il en résulte qu'à la place de la cuvette où sont concentrés les charbons à 45 % de matières volatiles, il y aurait un dérangement N.-E.—S.-O. qui remonterait fortement la partie de gauche vers le Nord.

Une faille remplacerait également les plis aigus figurés aux environs de Heusden.

La forte inflexion des couches vers le Nord entre Pael et Beeringen s'expliquerait par une faille qui serait peut-être celle que l'on a constatée à ce dernier sondage.

Enfin, vers l'Ouest, au lieu d'avoir un plissement des couches qui seraient dirigées presque exactement vers le Nord, on aurait deux remontements successifs, entre lesquels les veines resteraient à peu près parallèles à leur direction de l'Est.

S'il en était ainsi, le calcaire carbonifère de Kessel figurant la limite Sud du bassin pourrait être supposé à peu près parallèle à ces courbes de niveau, et vers l'Est, il serait reporté au Midi pour venir enfin se raccorder au calcaire de Lanaeken.

Il doit vraisemblablement exister d'autres failles alignées suivant la direction du bassin, mais elles sont moins faciles à déceler que les failles transversales; ce qui nous fait supposer que ces dérangements existent, c'est qu'en plusieurs endroits on a remarqué le fait suivant : des

sondages placés sur une direction perpendiculaire à l'allure des stratifications et séparés par une faible distance ont recoupé, à la tête du Houiller, des veines contenant des quantités de matières volatiles très différentes et devant par conséquent appartenir à des faisceaux de couches très distants. D'autre part, la pente des terrains dans ces sondages est très faible; c'est le cas, entre autres, pour des recherches pratiquées aux environs du méridien d'Opglabbeek.

Dans ces conditions, il est impossible de raccorder stratigraphiquement ces faisceaux l'un à l'autre sans faire intervenir l'hypothèse de dérangements Est-Ouest qui, vers le Sud, auraient remonté les faisceaux maigres au niveau des faisceaux plus gras.

La même supposition peut être faite dans le méridien de Kessel : en effet, au sondage de Santhoven, à 9 $\frac{1}{2}$ kilomètres au Nord du sondage de Kessel, on a trouvé du charbon à 18 % de matières volatiles gisant encore avec des pentes assez faibles. Or, sous de pareilles inclinaisons, il n'y a pas place pour intercaler, entre ces deux sondages, tout le Houiller inférieur, comprenant une stampe stérile de 150 mètres et tout un faisceau de couches maigres. On doit donc admettre qu'une faille Est-Ouest a remonté le calcaire de Kessel, ou bien que la teneur en matières volatiles des couches de houille a tellement augmenté vers l'Ouest qu'il n'existe plus à Santhoven de couches maigres et que le charbon recoupé fait déjà partie de la série tout à fait inférieure du terrain houiller.

La façon de concevoir le bassin de la Campine morcelé par de grandes failles à allure sensiblement verticale peut d'ailleurs être appuyée par la théorie de Ed. Suess sur les dislocations de la croûte terrestre. D'après cet éminent géologue, « les dislocations visibles » dans l'écorce terrestre sont le produit de mouvements qui résultent » de la diminution du volume de notre planète; les efforts développés » par l'effet de ce phénomène tendent à se décomposer en efforts » tangentiels et en efforts radiaux, et, par suite, en mouvements hori- » zontaux (c'est-à-dire en poussées et en plissements) et en mouve- » ments verticaux (c'est-à-dire en affaissements); il y a donc lieu de » diviser les dislocations en deux groupes principaux, suivant que les » déplacements relatifs de portions primitivement contiguës de l'écorce » terrestre ont eu lieu dans un sens plus ou moins horizontal ou dans » un sens plus ou moins vertical (1). »

Comme région présentant le type de mouvements horizontaux accen-

(1) ED. SUESS, *La Face de la Terre*. Traduction par E. de Margerie, Paris, 1897.

tués, Suess indique les couches du bassin houiller de la Belgique; dans celui-ci, en effet, les failles les plus importantes, y compris la faille eifelienne, peuvent être rangées dans la catégorie des mouvements horizontaux. Il en résulte, d'après cette théorie, qu'il doit exister vers le Nord une région qui s'est affaissée en produisant des efforts radiaux, lesquels ont pu se traduire par des failles verticales. Cette région peut parfaitement comprendre le bassin houiller de la Campine, qui serait ainsi morcelé par de grandes déchirures dont nous avons essayé de donner une idée par notre deuxième carte.

CONCLUSIONS.

D'après l'ensemble des résultats fournis aujourd'hui par les sondages, il est permis de se former une idée approximative de la valeur industrielle du bassin houiller de la Campine. Ce bassin est recouvert partout par des épaisseurs de morts-terrains considérables, qui seront très coûteuses et très lentes à traverser. Dans plusieurs endroits, principalement là où l'on a reconnu la présence de sources jaillissantes à grande profondeur, il faudra même probablement que l'art de l'ingénieur imagine de nouveaux systèmes pour passer les terrains qui renferment ces sources.

Dans le Limbourg, certains forages ont montré que la formation houillère est surmontée directement par des assises perméables de morts-terrains, et si ces assises sont aquifères, ce qu'il est assez difficile de dire aujourd'hui, elles pourront constituer pour l'exploitation future une gêne perpétuelle et une cause de dépenses importantes.

Pour ce qui est du Houiller lui-même, on peut dire qu'il ne s'est pas montré partout aussi riche qu'on l'avait cru tout d'abord : si dans le Limbourg, à Asch et dans les environs, on a trouvé le faisceau de couches supérieures qui paraît assez riche, vers le Sud et l'Ouest — principalement dans la province d'Anvers — il n'en a pas été de même, et dans beaucoup de sondages, on a rencontré une formation dont la puissance utile en charbon exploitable n'atteint pas 1.5 % de l'épaisseur totale.

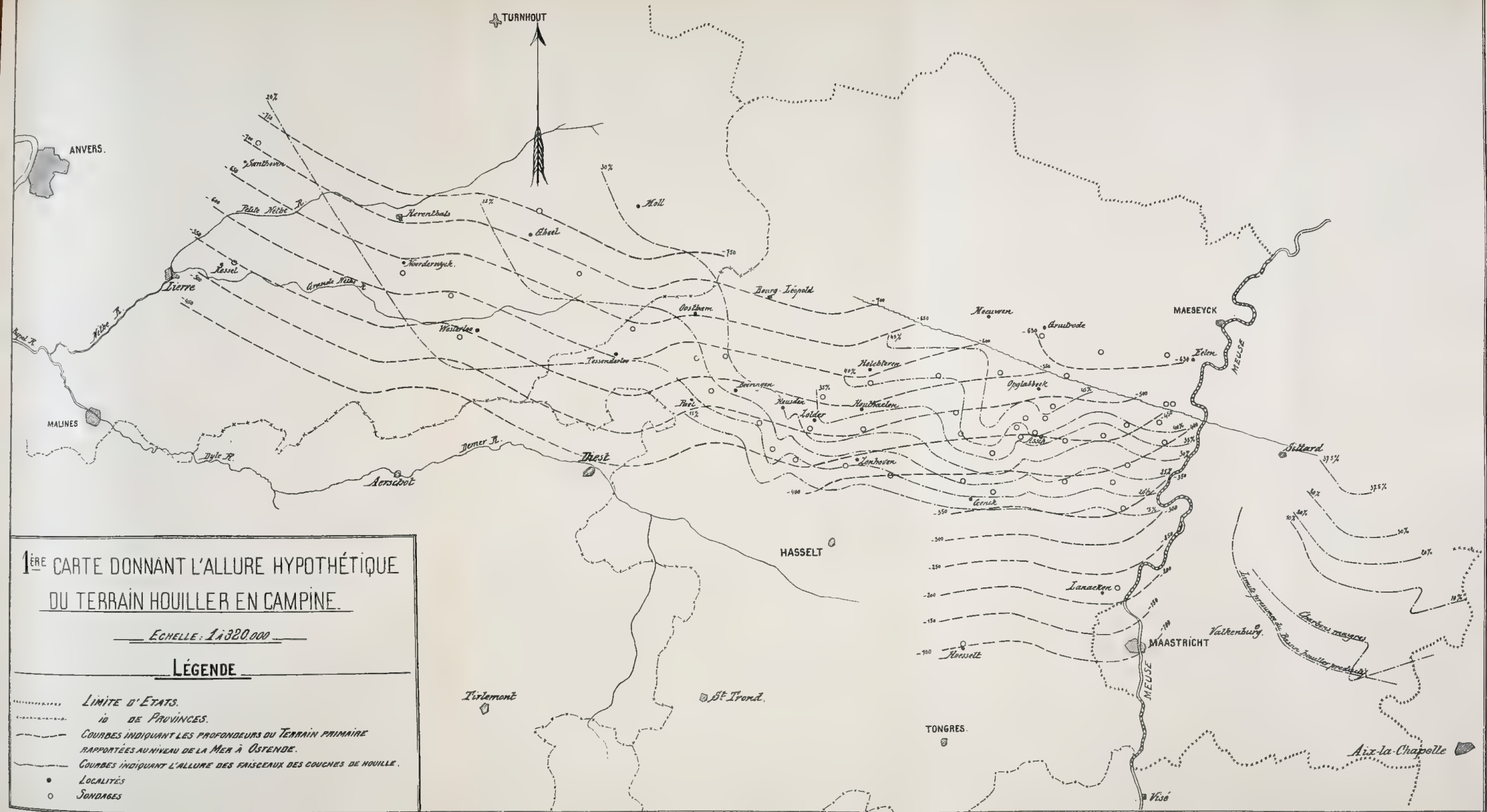
Comme point de comparaison, nous rappellerons que cette proportion dans le bassin houiller belge actuellement en exploitation est de 5 %.

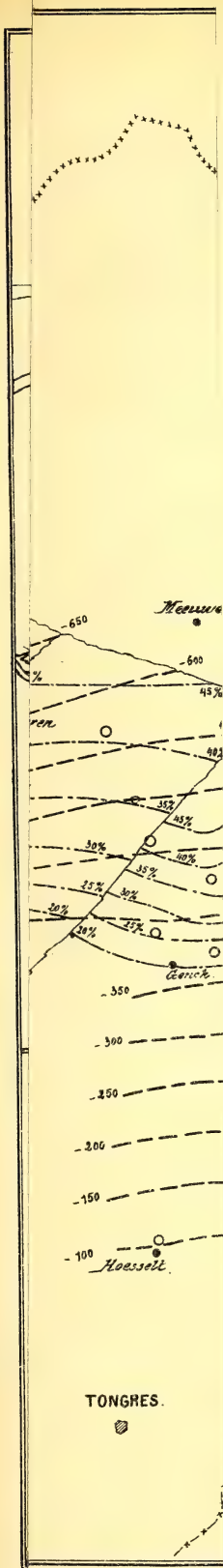
De plus, il est permis de croire que d'importants dérangements sillonnent le nouveau bassin.

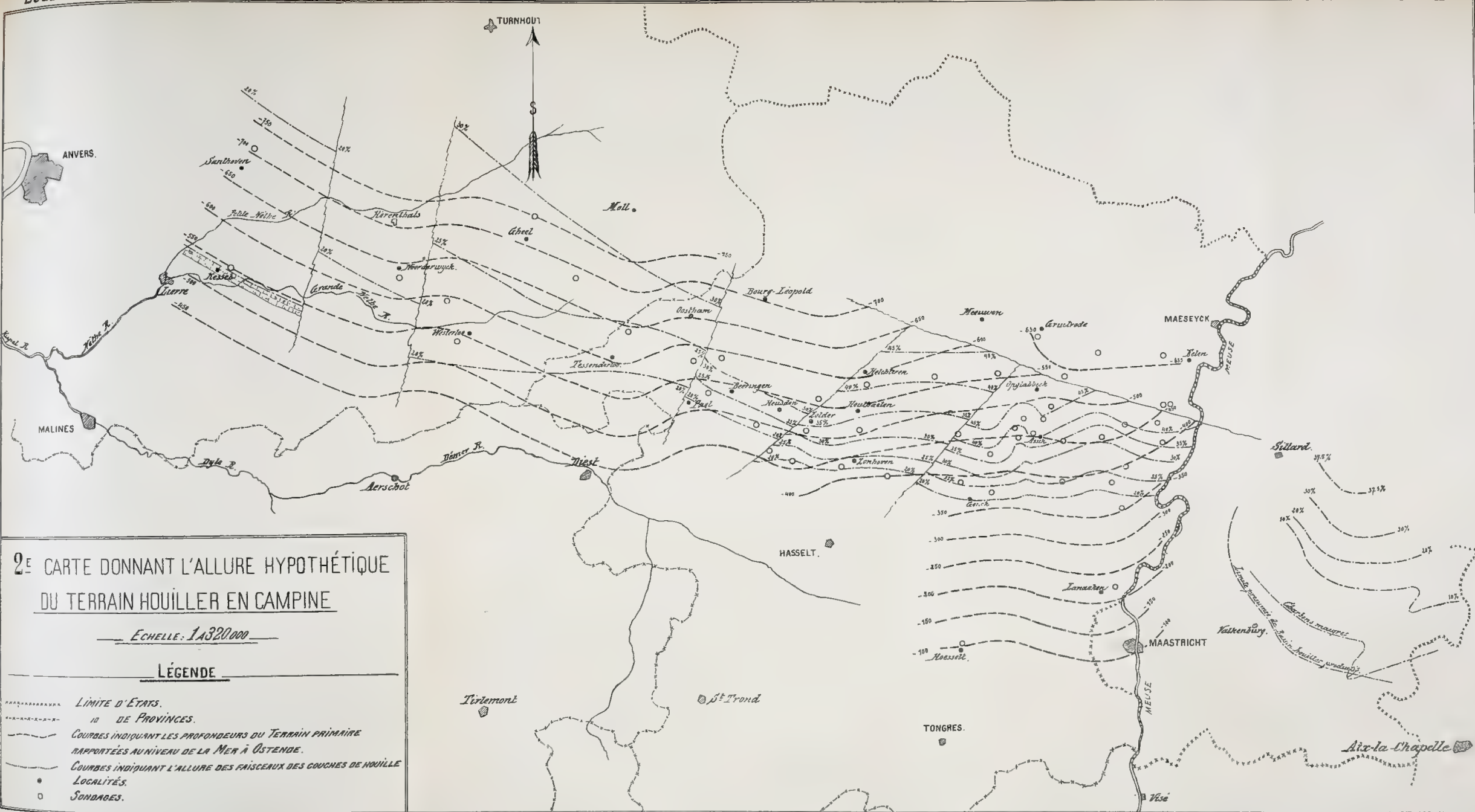


TONGRES.









L'AGE **DU** **VOLCAN DE QUENAST**

ET

L'Influence des lignes tectoniques du Brabant

SUR

L'ALLURE DES SÉDIMENTS HOUILLERS DU NORD DE LA BELGIQUE

PAR

G. SIMOENS (1)

Docteur en sciences minérales
Chef de section (II.) au Service géologique de Belgique
Membre de la Commission de la Carte géologique du Royaume

Il est trois ordres de phénomènes qui, quoique ayant été souvent étudiés indépendamment les uns des autres, semblent cependant présenter entre eux des relations de causes à effets; ce sont les phénomènes tectoniques, volcaniques et sismiques.

Il me paraît difficile aujourd'hui d'étudier l'un de ces phénomènes sans se livrer en même temps à l'examen attentif des autres manifestations dynamiques qui paraissent dues à des causes semblables.

S'il est vrai, comme la chose semble universellement admise aujourd'hui, que les phénomènes volcaniques sont intimement liés aux manifestations sismiques et tectoniques, il est clair que l'étude de ces dernières doit être une de nos premières occupations, si nous voulons élucider l'un ou l'autre problème du volcanisme.

Seulement, les phénomènes tectoniques nous permettent d'étudier l'histoire des temps passés, tandis qu'au contraire, les phénomènes sismiques ne nous apportent aucun fait se rapportant aux époques qui précèdent la période historique; il semble donc que les sismes ne sont en dernière analyse que la suite naturelle, la continuation à notre

(1) Communication faite à la séance du 16 décembre 1902 de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

époque des phénomènes tectoniques proprement dits. Il en résulte que si dans certains cas la tectonique nous permet de tirer quelques conclusions au sujet des manifestations dynamiques dont une région a été le théâtre, l'étude des sismes nous apparaît comme pouvant parfois nous fournir la preuve de leur légitimité.

Si l'on admet que les volcans sont en relation intime avec les fractures de l'écorce terrestre, on devra de même admettre que l'intensité des premiers phénomènes est intimement liée à l'intensité des seconds.

On peut donc dire que le moment de fracture maximum correspondra, d'une manière générale, au moment d'éruption maximum; ceci admis, il suffira d'établir l'époque de la formation d'une fracture sur laquelle se sont greffés des volcans pour établir, très probablement du même coup, l'âge de ces derniers, et, inversement, l'étude de manifestations volcaniques successives permettra parfois de reconnaître l'âge relatif des différents mouvements que révèlent l'étude et le levé géologique d'une région.

Existe-t-il un moyen de reconnaître l'âge d'une fracture dont les laves ont été enlevées par le temps, sauf de rares lambeaux figés depuis de longues périodes au fond des cicatrices?

Ce moyen existe, et l'étude comparative des failles qui découpent les différentes régions disloquées nous le fournit.

S'il existe, en effet, une certaine relation entre les tracés que présentent les différentes cassures d'un pays déterminé et si, en passant d'une région à une autre, ces rapports persistent, n'aurons-nous pas en main un critérium qui nous permettra d'interpréter des phénomènes qui n'avaient pas jusqu'ici reçu d'explication suffisante?

La science n'a d'autre but que de déceler entre les phénomènes qui se manifestent autour de nous des rapports constants, c'est-à-dire des lois, et celui qui s'efforce d'apporter encore une preuve à la certitude inductive ne fait pas une chose inutile; s'il réussit, en même temps qu'il fournit l'explication d'un fait particulier, il apporte à la théorie une force nouvelle.

J'exposerai d'abord un certain nombre de faits qui, par induction, ont permis de concevoir une explication théorique de l'ensemble de ceux-ci, puis je montrerai que les phénomènes tectoniques dont nos régions ont été le théâtre permettent l'application de cette même théorie et, dès lors aussi, des conséquences qui nécessairement en découlent.

L'auteur de la « bible du géologue » attire l'attention sur une série intéressante de manifestations dynamiques anciennes et récentes, et dans lesquelles on peut saisir des rapports étroits entre les phénomènes

sismiques et tectoniques ou entre ces derniers et les phénomènes volcaniques, ou bien encore entre ces trois ordres de faits.

Je prendrai donc dans l'admirable livre de M. Suess quelques-uns de ces exemples.

1° *Exemple montrant certaines relations entre les phénomènes tectoniques et sismiques.*

Le bord externe des Carpathes et des Alpes s'incurve en contournant le massif ancien de la Bohême, celui-ci constituant un horst arasé ayant servi d'obstacle au libre développement de la chaîne. Cette dernière est de beaucoup postérieure à la formation des horst existants échelonnés sur son parcours.

Les tremblements de terre se sont fréquemment fait sentir dans cette région, et ce qu'il y a de remarquable, c'est que les principaux d'entre eux se propagent suivant une même direction.

Ils partent de la chaîne alpine, et fréquemment de sa bordure externe, pour se propager dans le massif de la Bohême; leur direction est donc perpendiculaire à la chaîne plissée et leur effet se fait sentir bien loin dans l'avant-pays.

« Les observateurs modernes, dit M. Suess, sont d'accord pour admettre que, dans ces tremblements de terre transversaux, il y a un déplacement relatif des voussoirs, dans le sens horizontal, par saccades. La nature du mouvement implique des surfaces voisines de la verticale, orientées perpendiculairement à la direction des chaînes; c'est là une forme de dislocation alpine que nous désignerons plus loin sous le nom de décrochement ou *Blatt*. Dans le Sud, Hörnes a cherché à mettre le tremblement de terre de Bellune en rapport direct avec des surfaces de décrochement de ce genre. Bittner a insisté sur le parallélisme existant entre les nombreux décrochements de l'extrémité Nord-Est des Alpes, qui sont dirigés Nord 15° Ouest, et la ligne de la Kamp.

» Mais il n'est pas nécessaire d'admettre pour cela que ces décrochements se prolongent jusque dans le massif archéen lui-même : l'allongement si remarquable des aires d'ébranlement vers le Nord peut, en effet, résulter seulement d'un phénomène de transmission : ce ne serait alors qu'un indice de la direction des secousses, se propageant *des Alpes vers l'extérieur*. »

2° *Exemple montrant des relations entre les phénomènes tectoniques et volcaniques.*

Rappelons d'abord les petits volcans qui jalonnent les lignes de

fracture de la région classique de l'Islande, phénomènes sur lesquels il est inutile de s'appesantir, surtout après le remarquable exposé que M. W. Prinz nous a fait récemment.

Mentionnons aussi rapidement l'intéressante ligne de fracture du Banat, si bien mise en lumière par M. Suess, et où l'on peut reconnaître une série de volcans situés le long d'une ligne de dislocation considérable.

M. Suess nous montre comment l'érosion très avancée qui a mis à nu le soubassement des volcans de ce pays, nous permet de voir ces roches éruptives, qui paraissent appartenir surtout au groupe des diorites quartzifères, présenter de longues traînées dues au remplissage d'une importante fracture.

Signalons aussi la disposition des volcans de l'Amérique centrale présentant, le long d'une ligne de dislocation périphérique, une série de systèmes volcaniques disposés perpendiculairement à cette première direction.

Voici ce que dit M. Suess à leur sujet :

« On pourrait donc les rapporter à deux alignements principaux qui se rejoindraient sous un angle obtus dans la baie de Fonseca ; mais tous deux présentent cette particularité remarquable que les volcans, quelquefois géants, qui s'y dressent, se trouvent, dans beaucoup de cas, sur des fractures transversales très nettes. Tantôt il s'est formé un alignement transversal indépendant, de grandes dimensions, comme celui du Chiquimula, dans l'Est du Guatemala ; tantôt, c'est seulement la structure du sommet qui montre le déplacement du point d'éruption, à angle droit sur l'alignement principal. Cette tendance à l'abandon des anciens cratères est générale.

» L'alignement principal, particulièrement à l'Ouest de la baie de Fonseca, suit de très près la côte du Pacifique. Les lignes transversales, sur lesquelles l'activité volcanique se déplace, courent plus ou moins perpendiculairement à la côte ; et, presque toujours, c'est le cratère le plus éloigné vers le Sud-Ouest, c'est-à-dire le plus rapproché du Pacifique, qui seul est en activité.

» *Le déplacement se fait donc sur des lignes de fracture transversales plus ou moins longues, dans la direction de l'Océan Pacifique.*

» Ce phénomène est d'autant plus remarquable qu'il n'a absolument aucune relation visible avec la structure des fragments montagneux anciens existant dans cette région. »

M. Suess ajoute ensuite :

« Il faut remarquer, disent Dollfus et de Montserrat, que l'on n'a

pas affaire à une série de volcans isolés, alignés suivant une direction plus ou moins droite ou brisée, mais bien à une *succession de petits systèmes*, à peu près indépendants les uns des autres, disposés à une distance respective qui varie, suivant les circonstances, entre des limites assez étroites. Or, chacun de ces groupes se compose d'un nombre plus ou moins considérable de cônes et de cratères, les uns éteints, les autres actifs, rangés sur une ligne droite dont la direction est, à peu de chose près, normale à celle de l'axe volcanique principal... Il semblerait donc qu'en chacun des points d'éruption il s'est formé une fissure normale à la fissure principale, sur laquelle se sont disposés en série les événements volcaniques, formés les uns après les autres par une marche progressive de l'action éruptive.

» Cette marche s'est-elle toujours produite dans un sens déterminé et constant, c'est ce que nous ne saurions affirmer; mais nous remarquons néanmoins, en passant, et sans vouloir en tirer pour le moment de conclusion, que, dans bien des cas, lorsqu'un des volcans d'un groupe particulier est encore actif, il est placé à l'extrémité Sud du système. »

Et le savant professeur de Vienne conclut ainsi :

« Sur toute la ligne qui de la baie de Fonseca va au Sud-Est vers le Chiriqui, et au Nord-Ouest jusqu'à la frontière du Mexique, le même phénomène se reproduit donc constamment : ou bien les volcans se trouvent sur des axes transversaux indépendants, croisant à angle droit ou aigu l'alignement principal, ou bien, s'ils sont isolés, leurs cratères ont une tendance à se déplacer transversalement à l'alignement principal. Il semble de plus que ce déplacement — sauf pour le Cerro Quemado, dans le groupe du Quezaltenango, à l'extrémité Nord-Ouest, — *se fasse toujours dans la direction de l'océan Pacifique.* »

3° *Exemple indiquant des rapports entre les phénomènes tectoniques, volcaniques et sismiques.*

La ligne directrice du système alpin s'incurve dans le Sud de l'Italie pour se rattacher, en traversant la Sicile, à l'Atlas.

La courbe très accentuée que présente la chaîne plissée en cet endroit circonscrit une région volcanique et sismique par excellence.

Les roches les plus anciennes de la chaîne sont coupées brusquement et regardent dans la mer les îles Lipari, c'est-à-dire le centre de la courbe, et en arrière apparaissent les sédiments plus récents.

Je ne puis mieux faire que de citer encore ici quelques passages de M. Suess. Voici ce qu'il dit :

« Ainsi, l'Aspromonte, les collines vaticaniques, les rochers de Scylla et le massif Péloritain représentent tout simplement les débris d'une chaîne autrefois continue, que recoupe aujourd'hui le détroit de Messine, et dont la fracture principale, à l'Ouest de l'Aspromonte, fait face aux Lipari.

» C'est le long de cette cassure que l'activité sismique s'est fait sentir pendant plusieurs mois en 1783, avec déplacements réitérés de l'épicentre.

» Une comparaison avec d'autres secousses, ayant eu également le Sud du bassin de la mer Tyrrhénienne pour théâtre, permet de reconnaître que la ligne de 1783 fait partie d'une vaste courbe, disposée en arc de cercle, qui enveloppe à l'Est et au Sud les îles Lipari et qui est caractérisée par de nombreux tremblements de terre.

» Outre cette ligne périphérique, on connaît dans la région beaucoup d'autres lignes sismiques disposées d'une manière rayonnante autour des îles Lipari. Les secousses paraissent presque toujours s'y propager vers l'extérieur, en partant d'un point commun de divergence comme centre ; quelques-unes de ces lignes radiales croisent la grande cassure périphérique et se prolongent après l'avoir traversée ; d'autres, au contraire, notamment dans le voisinage de l'Aspromonte, s'arrêtent en l'atteignant.

» L'arc en question a un rayon de 90 à 100 kilomètres environ. »

Après avoir rappelé que les lignes radiales convergent sur les Lipari, M. Suess ajoute :

« Or, si l'on compare ces alignements volcaniques dont Hoffmann figurait déjà l'allure sur une carte avec le réseau des lignes obtenues en se basant exclusivement sur les données sismiques, on ne peut guère s'empêcher de conclure qu'il y a un rapport très étroit entre ces lignes volcaniques radiales et les lignes sismiques radiales.

» Au reste, les observateurs dignes de foi ont déjà constaté, à plusieurs reprises, une coïncidence entre l'augmentation d'activité du Stromboli et les tremblements de terre de Calabre ; cette remarque a été faite par Athanase Kircher en 1638, puis par le comte Ippolito, par Grimaldi et par la plupart des témoins du grand tremblement de terre de 1783.

» De même, Ferrara a cherché à montrer, au moyen de nombreux exemples, qu'il y a coïncidence entre les éruptions des Lipari et les secousses ressenties sur la côte septentrionale de la Sicile.

» L'on est ainsi conduit à admettre que, dans l'aire limitée par la ligne périphérique de 1783, *l'écorce terrestre s'affaisse en forme de*

cuvette, et qu'il se produit en même temps des failles radiales, venant converger sur les îles Lipari.

» Ces lignes convergentes sont, au voisinage de ce centre, garnies de bouches d'éruption. Chaque rupture d'équilibre des divers voussoirs détermine un accroissement d'activité volcanique dans les îles, et des secousses sismiques sur le continent ou en Sicile.

» Pour le moment, dit M. Suess en terminant la relation de ces intéressants phénomènes, il nous suffit de conclure des faits précédents que le rôle des fentes radiales, dans les effondrements dont le versant occidental de l'Apennin est le siège, n'est pas négligeable et que le grand nombre de bouches d'éruption qui caractérise les îles Lipari est dû, selon toute vraisemblance, à la convergence de ces lignes radiales et à leur entre-croisement au voisinage du centre. »

De tous ces exemples il semble bien résulter que les volcans ne sont que des phénomènes résultant des mouvements qui, par leur ensemble et leur superposition, donnent naissance aux grandes lignes de dislocation de l'écorce terrestre.

Dans les Alpes, au point où la chaîne s'arrête devant le massif bohémien, nous voyons les phénomènes sismiques prendre leur origine dans la chaîne et se propager dans l'avant-pays, perpendiculairement à la direction du système plissé, et il apparaît comme très probable que ces tremblements sont en relation avec les failles radiales qui découpent la Bohême dans le même sens. Ailleurs, ce ne sont plus seulement les sismes qui se montrent en relation avec les cassures, mais les volcans, à leur tour, nous apparaissent comme intimement liés aux dislocations visibles du sol.

Les petites bouches volcaniques de l'Islande, comme les anciens volcans de la Hongrie, sont localisées suivant de longues fractures de l'écorce terrestre.

Dans l'Amérique centrale, on voit l'activité volcanique se déplacer le long des fractures, perpendiculairement à une ligne principale qui a donné naissance à la grande trainée volcanique.

De même qu'en Bohême, nous voyons les tremblements radiaux prendre naissance dans la dislocation longitudinale, c'est-à-dire dans la chaîne plissée, de même aussi nous voyons, dans l'Amérique centrale, les volcans partir dans leur migration radiale d'un accident plus considérable présentant une situation normale à la direction de ces manifestations secondaires.

Les phénomènes transversaux sont généralement moins importants

que ceux qui, sur de grandes étendues, s'identifient avec les chaînes de montagnes. Les phénomènes radiaux nous apparaissent donc comme postérieurs aux phénomènes longitudinaux; de plus, les premiers présentent une tendance à s'éloigner de leur point d'origine localisé dans la longue suite des accidents longitudinaux.

Il est des endroits où, comme dans le Sud de l'Italie, on peut saisir les relations étroites qui existent entre les phénomènes tectoniques, volcaniques et sismiques. Nous y avons vu la chaîne plissée suivre une direction se rapprochant d'un cercle de petit rayon. Cette disposition fortement recourbée que présente la chaîne a dû provoquer, en raison même de sa torsion, de nombreux accidents transversaux; d'autre part, le rayon de courbure étant très petit, ces accidents se sont rapidement rencontrés pour provoquer, par leur réunion, des manifestations dynamiques très particulières.

On peut dès lors considérer le système montagneux plissé et recourbé comme présentant l'origine, la cause des phénomènes volcaniques et sismiques dont le Sud de la mer Tyrrhénienne est aujourd'hui le théâtre.

Au début de la formation de la chaîne, les phénomènes dynamiques radiaux se trouvaient très probablement localisés près de la zone de plissement; ils ont dû s'en éloigner peu à peu, pour se rencontrer au centre de la courbe et y constituer par excellence un point faible, d'où partent aujourd'hui les cataclysmes qui éprouvent la région.

A la lumière des faits et des principes qui précèdent, nous allons voir s'il est possible de reconnaître en Belgique des phénomènes identiques et susceptibles d'une explication semblable.

La chaîne hercynienne traverse la Belgique de part en part, mais le prolongement de ce vaste plissement longitudinal à l'Est et à l'Ouest de notre pays est bien différent de ce que nous observons chez nous.

En effet, le bord externe de la chaîne plissée se trouve, à l'Est et à l'Ouest de nos régions, à une latitude beaucoup plus élevée. En quittant la Westphalie, ce massif plissé disparaît rapidement sous la plaine du Rhin, et quand il réapparaît sur l'autre bord, il se trouve reporté d'une manière assez brusque beaucoup plus au Sud, absolument *comme si cette situation était* le résultat d'une série de décrochements. Dans la province de Liège, la chaîne présente une direction Nord-Est—Sud-Ouest, puis, avant d'arriver au pays d'Entre-Sambre-et-Meuse, la chaîne change de direction et court de l'Est à l'Ouest, puis, à partir de Valenciennes, les plis hercyniens suivent la direction du Nord-Ouest. Ils

passent en Angleterre où ils présentent, comme en Westphalie et sensiblement à la même latitude, des plis largement ondulés.

J'ai fait remarquer dans une note antérieure (1) que la raison d'être de cette courbe qui constitue, en Belgique, le bord externe du système hercynien, est la présence du massif résistant du Brabant qui a joué, comme la Bohême en face des Alpes, le rôle de horst. C'est donc ce massif siluro-cambrien du centre du pays qui a arrêté net le développement calme et régulier de la bordure plissée, et a forcé les sédiments primaires à *s'écraser dans la profondeur, au pied du butoir calédonien*. Le massif plissé d'âge calédonien du Brabant est parsemé de pointements éruptifs et parmi ces derniers il en est qui ont été plus particulièrement étudiés par M. A. Renard. Notre savant confrère est arrivé à cette conclusion que nous nous trouvons, à Quenast, en présence de la cheminée d'un volcan, et nous pensons qu'il doit en être de même des principaux massifs éruptifs qui se trouvent échelonnés dans les vallées de la Senne et de la Dendre. Tout ce que nous savons de la vallée de la Senne nous porte à croire que cette région constitue une ancienne ligne d'activité volcanique. On remarque en effet tout le long de cette ligne de fracture comme un relèvement des roches primaires présentant sur sa longueur des déchirures, avec intrusion de roches éruptives, et Quenast nous apparaît comme une des principales cicatrices de cette ligne de dislocation. Cette ligne a donné naissance, aux époques secondaire et tertiaire, à certains phénomènes, très intéressants, d'ordre stratigraphique, sur lesquels il ne me paraît pas opportun d'insister ici. Ce qu'il y a surtout à retenir, pour le moment, c'est que le horst du Brabant est traversé, suivant la direction de la vallée de la Senne, par une ligne de fracture jalonnée de pointements éruptifs et de filons métallifères, qui paraissent être surtout constitués par des sels de plomb et de cuivre; de la présence de ces minerais on pourrait, par analogie, tirer quelques conclusions intéressantes.

D'autre part, les tremblements de terre qui visitent cette région suivent presque tous plus ou moins la vallée de la Senne dans une direction Sud-Nord. Et, de même qu'en Calabre il existe des tremblements de terre périphériques en relation avec les phénomènes transversaux, de même en Belgique les tremblements suivent aussi parfois la direction de la chaîne disloquée.

(1) Voir G. SIMOENS, *Note préliminaire sur l'allure des couches houillères dans le Nord de la Belgique*. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI, Proc.-Verb. 1902.)

Certains de ces tremblements présentent même des caractères si particuliers et d'une telle importance à mes yeux que je me propose de les étudier d'une manière toute spéciale dans le travail que je prépare sur les dislocations du Brabant, et ils apporteront, je pense, un appui précieux aux théories que je défends. Je ne veux du reste, dans la présente communication, qu'esquisser à grands traits la structure de la région, afin d'établir que, dans les grandes lignes, les phénomènes dynamiques qui se sont passés dans notre pays sont soumis aux mêmes lois que les manifestations tectoniques d'autres contrées classiques.

Nous avons fait ressortir, dans les exemples cités plus haut, que les phénomènes dynamiques radiaux sont subordonnés aux dislocations longitudinales et nous avons attiré l'attention sur ce fait que, dans leur propagation, les phénomènes radiaux, s'ils se déplacent, s'éloignent fatalement de leur point d'origine et que tous doivent donc tendre à s'écarter du phénomène longitudinal; d'autre part, si les phénomènes radiaux sont fonctions des phénomènes longitudinaux qui, généralement, sont représentés par des lignes de plissements, il est clair que les premiers ne peuvent être que contemporains des seconds ou plus récents.

En Belgique, comme en Bohême, la chaîne plissée s'écrase contre un horst résistant; ce horst est, ici comme là, découpé par des lignes de fractures perpendiculaires à la chaîne plissée, fractures que suivent les tremblements de terre et qui, dans le Brabant comme dans le Banat, sont jalonnées de cicatrices injectées.

De même qu'en Bohême et dans l'Amérique centrale, les phénomènes radiaux s'écarternt de l'accident longitudinal; en Belgique aussi, les tremblements de terre s'en éloignent en suivant une direction Sud-Nord, et, comme dans le centre américain, ces phénomènes radiaux se dirigent vers un bassin d'effondrement.

On peut donc croire que les phénomènes radiaux que l'on observe dans le horst du Brabant sont, eux aussi, en relation avec la chaîne qui s'est écrasée sur son pourtour, et les phénomènes dynamiques, qui, encore de nos jours, s'écarternt de la chaîne, apportent à cette manière de voir une sérieuse confirmation.

Il en résulte que les volcans qui se sont greffés sur ces accidents transversaux sont contemporains de la formation de la chaîne plissée ou lui sont postérieurs.

La chaîne hercynienne s'est formée dans nos régions après le dépôt du Houiller, et l'on peut croire que l'effort maximum s'est réalisé au

début de l'époque permienne. Le volcan de Quenast ne peut donc être d'âge plus ancien que le Permien ou le Houiller supérieur.

Théoriquement, il pourrait être plus récent, mais de nombreux faits, sur lesquels je ne puis m'appesantir ici, m'empêchent de penser qu'il en a été ainsi. Je suis donc porté à croire que *le volcan de Quenast est d'âge permo-carboniférien*.

Mais il existe le long des fentes radiales du Brabant d'autres pointements éruptifs; quel serait leur âge?

En examinant ce qui se passe ailleurs, il y a quelques raisons de croire que ces roches éruptives, tout en appartenant à un même système, sont d'autant plus récentes qu'elles sont situées plus au Nord.

Quelle a été l'influence de la crête disloquée et éruptive sur l'allure du bassin houiller de la Campine?

Il est très probable que le relèvement apparent de la région, dû en partie au déplacement des bords des cassures, a été bien exagéré encore par la formation des cônes volcaniques et par l'émission et le déversement des laves. Cette trainée volcanique de la Senne a donc dû présenter une crête ou ligne de partage des eaux, et celles-ci devaient naturellement s'écouler en partie vers le Nord et y former un large estuaire ou golfe creusé dans les roches cambriennes, que devaient combler les différentes assises sédimentaires, à mesure de l'effondrement naturel de notre bassin du Nord. Cet affaissement a perduré jusqu'à nos jours, en suivant les lignes de fracture sur lesquelles j'ai attiré depuis longtemps l'attention en indiquant leur origine dans le Brabant où elles sont bien reconnaissables.

Il n'y a donc pas que de simples ondulations le long de la ligne des affleurements houillers en sous-sol; il existe là un vaste golfe. Ce golfe devrait, si les théories de Godwin-Austen que j'ai appliquées à notre bassin sont exactes, se refléter dans l'allure du terrain tertiaire. Or les coupes publiées par M. van Ertborn pour ces terrains sont, ici encore, la confirmation de mes idées; il en résulte que la théorie de Godwin-Austen est applicable à notre pays, dans ses détails comme dans son ensemble.

J'ai été le premier à reconnaître *a priori*, dans le Nord de la Belgique, l'existence d'un bassin d'effondrement, en opposition absolue avec les idées reçues jusqu'alors. On admettait, en effet, dans le Nord du pays, l'existence de synclinaux et d'anticlinaux qui devaient être le prolongement de la chaîne plissée du Sud. Rien n'était du reste plus naturel, et

il semblait devoir en être ainsi puisque les choses se passent d'une manière identique ailleurs, comme M. Suess nous l'a montré. Seulement, en admettant au centre de la Belgique la présence d'un horst auquel on était loin de penser avant mes travaux, j'étais bien forcé d'admettre chez nous une exception à la loi générale indiquée par M. Suess pour la constitution des chaînes de montagnes, en niant, comme je l'ai fait pour le Nord du pays, la possibilité qui paraissait si certaine des plis, c'est-à-dire de phénomènes rentrant dans le groupe des accidents longitudinaux des auteurs classiques. Depuis mes travaux, quelques confrères ont accepté mes conclusions tant *a posteriori expérimentale* pour l'existence en Campine d'un bassin d'effondrement découpé de failles verticales dirigées d'une manière générale Sud-Nord que pour la reconnaissance dans le Brabant d'un horst ou massif résistant, sans lequel les premiers phénomènes ne pourraient se concevoir. Or il se fait que ces confrères, tout en adoptant mes idées, n'ont pas cru devoir me citer. Je ne puis que m'en réjouir. Quand un auteur, tout en oubliant de citer un collègue, est forcé devant l'évidence des faits d'admettre toutes les conclusions de celui-ci, n'est-ce pas incontestablement pour ce dernier la plus éclatante des sanctions?

Les cassures sur lesquelles se sont fixés les volcans du Brabant sont-elles dues à des affaissements ou à des décrochements? Et quel est le voussoir qui s'est déplacé par rapport à l'autre?

Je me propose d'examiner prochainement ce problème, qui est d'autant plus intéressant que de sa solution, dans un sens ou dans l'autre, découle l'existence, probable ou non, d'un golfe houiller dans le Nord du pays de Waes.

ESQUISSE D'UNE COMPARAISON

DES

COUCHES PLIOCÈNES ET QUATERNAIRES DE LA BELGIQUE

AVEC CELLES

du Sud-Est de l'Angleterre (1)

PAR

A. RUTOT

Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, à Bruxelles.

INTRODUCTION.

Dans un travail présenté à la Société belge de Géologie en 1899, mais publié l'année dernière (1902) (2), j'ai essayé d'esquisser un tableau de la comparaison du Quaternaire de Belgique au Glaciaire de l'Europe centrale.

Les encouragements que j'ai reçus de la part de plusieurs géologues m'ont donné l'idée d'essayer d'établir également le synchronisme entre les couches pliocènes et quaternaires de Belgique et celles, bien connues, au moins en partie, du S.-E. de l'Angleterre et notamment avec les couches du Norfolk.

La géologie du Norfolk a fait l'objet de recherches et d'études nombreuses, et de très bons et utiles travaux ont été publiés sur cette région, notamment par MM. F. W. Harmer (3) et Clement Reid.

Grâce à ces géologues, nous connaissons d'une manière qui paraît entièrement satisfaisante la succession des couches pliocènes et pleistocènes, ou quaternaires, du Norfolk et du Suffolk, au moins jusqu'aux

(1) Présenté à la séance du 16 décembre 1902.

(2) A. RUTOT, *Comparaison du Quaternaire de Belgique au Glaciaire de l'Europe centrale*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., Bruxelles, t. XIII, 1899, paru en octobre 1902.)

(3) Voir surtout : Dr F. W. HARMER, F. G. S., *A Sketch of the later Tertiary history of East Anglia*. (PROCEEDINGS OF THE GEOLOGIST'S ASSOCIATION, t. XVII, 1902.)

couches dites « post-glaciaires », ces dernières restant toujours, paraît-il, fort obscures.

Quoi qu'il en soit, et sans attendre que la nature et la stratigraphie des couches post-glaciaires aient été définitivement éclairées, nous tenterons l'essai du synchronisme des couches connues.

Ce qui m'a engagé surtout à essayer d'établir la comparaison entre les couches belges et les couches anglaises, c'est, d'abord, l'accueil bienveillant qu'a reçu mon premier travail, puis le fait de l'existence du raccordement des couches du Pliocène, inférieur et moyen, tenté par M. le Dr F. W. Harmer, et enfin cet autre fait que les couches quaternaires du Norfolk appartiennent précisément à la série glaciaire.

Les concordances entre les couches quaternaires belges et anglaises étaient, en réalité, déjà esquissées par l'essai de la comparaison entre les couches belges et celles du Glaciaire de l'Europe, que j'ai publié récemment, de sorte que la corrélation des couches anglo-belges ne se présentait plus que comme une simple application des synchronismes proposés.

J'ajouterai encore que ma tâche a été facilitée par un accord parfait en ce qui concerne la limite du Pliocène et du Quaternaire, MM. Harmer et Clement Reid plaçant, comme nous, cette limite au commencement du grand Glaciaire qui a suivi le premier Glaciaire, d'âge pliocène.

Ces considérations étant émises, nous pouvons entrer immédiatement dans le cœur du sujet.

PLIOCÈNE.

I. — Pliocène de Belgique.

Nous donnons d'abord une idée succincte de la composition du Pliocène de Belgique, d'après les beaux travaux de M. Van den Broeck et de ses confrères.

Mais, jusque dans ces tout derniers temps, on n'avait guère tenu compte que des couches pliocènes d'origine marine, les plus régulières, les plus nettes et les plus faciles à étudier; nous avons donc cru utile de donner aussi une idée de celles dont il y aura désormais lieu de tenir compte.

Pliocène inférieur.

Diestien. — L'étage diestien constitue le plus ancien dépôt pliocène de la Belgique et il semble bien qu'il corresponde réellement au Pliocène inférieur.

Dans sa plus grande extension, il se présente sous forme d'un sable grossier, vert, très chargé de gros grains de glauconie et paraissant, dans cet état, peu fossilifère.

Cette pauvreté faunique tient uniquement à la grande perméabilité du sable, car en beaucoup de points où la glauconie a été décomposée et où le sable s'est durci en grès ferrugineux, on découvre dans ces grès de grandes quantités d'empreintes de fossiles.

Ce sable montre à sa base un gravier de galets de silex très roulés, parfois accompagné de minces lits d'argile plastique d'origine poldérienne, le tout d'allure irrégulière et paraissant très ravinante.

Étant donné que l'arrivée lente des eaux marines exerce plutôt un effet de rabotage en plan horizontal sur les couches sableuses qu'elles recouvrent, nous croyons qu'il y a lieu d'attribuer les différences d'altitude du gravier d'immersion au fait que la mer diestienne a envahi assez brusquement une région où des cours d'eau miocènes avaient déjà creusé des vallées assez profondes. L'affaissement rapide de la région a ainsi porté, sans tarder, les reliefs du sol à une profondeur d'eau telle que l'arasement n'a pu se produire.

Tout le long de la région littorale Sud, vers le haut de l'étage, la proportion de la glauconie tend à diminuer, le sable devient plus blanc, très meuble, et bientôt des lits de galets de silex et de quartz blanc, plus ou moins discontinus, apparaissent dans la masse. En montant, ces lits de galets augmentent d'épaisseur et généralement le sommet est constitué d'un banc de cailloux roulés de silex.

Ces lits caillouteux représentent le gravier d'émersion, c'est-à-dire la suite des cordons littoraux déposés pendant le retrait de la mer vers le Nord, la région émergée étant elle-même parcourue par les eaux du futur Escaut qui se jetaient bien au Sud, au moment de l'extension maximum de l'envahissement marin.

Vers Anvers, le Diestien prend un aspect d'eau plus profonde. C'est un sable fin, glauconifère et fossilifère, connu sous le nom de sable à *Isocardia cor*.

Pliocène moyen.

Le Pliocène moyen de Belgique comprend deux étages : le Scaldisien et le Poederlien.

Scaldisien. — Le Scaldisien se compose d'un gravier de base, surmonté de couches de sable glauconifère renfermant des bancs compacts de coquilles fossiles, dans lesquels se rencontrent de nombreux

ossements de grands Cétacés, souvent en connexion anatomique. Ce sont les sables à *Trophon contrarius*.

Le Scaldisien repose en régression notable sur le Diestien.

Poederlien. — Pendant longtemps, le Scaldisien et le Poederlien ont été confondus. C'est M. G. Vincent qui a reconnu, à un niveau déterminé de la masse, la présence d'un lit de gravier avec fossiles remaniés et ossements de mammifères terrestres, malheureusement trop rares et trop incomplets pour qu'une détermination spécifique précise ait pu être tentée.

Au-dessus de ce gravier se développent des sables glauconifères et fossilifères, lesquels, tout en offrant les espèces du Scaldisien, indiquent une répartition différente et une augmentation sensible dans la proportion des espèces boréales.

Il est facile de voir que la faune, tempérée dans le Diestien, prend des apparences de plus en plus boréales en passant dans le Scaldisien, puis dans le Poederlien.

Cet étage occupe, dans le Nord de la Belgique, une étendue sensiblement équivalente à celle occupée par le Scaldisien et il repose généralement sur celui-ci.

Naturellement, pendant les invasions marines scaldisienne et poederlienne, les eaux douces venant du Sud continuèrent à se déverser, le long du rivage Sud, en un très large courant peu profond, érodant ses bords et son fond pendant les phases de soulèvement, charriant des cailloux et des sables, ainsi que des glaises dans les bras morts, pendant les phases d'affaissement. Ce sont ces cailloux, ces sables et ces glaises que nous retrouvons, de nos jours, très développés sur les hauts plateaux de la moyenne Belgique, entre 75 et 150 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux dans les vallées.

C'est ce même âge que j'attribue aux dépôts caillouteux de la plus haute terrasse de la vallée de la Meuse, c'est-à-dire les dépôts caillouteux de la très large terrasse de 90 à 150 mètres au-dessus du niveau des eaux, s'étendant des deux côtés du cours encaissé du fleuve, entre Dinant et Liège.

Pliocène supérieur.

Avant les beaux travaux du Dr F. W. Harmer, nous n'avions guère qu'une connaissance théorique de l'existence de couches pliocènes supérieures en Belgique. On regardait généralement la lacune devant exister entre le Poederlien et le Quaternaire comme presque insignifiante.

Or, M. Harmer est venu nous montrer qu'il n'en est rien, la lacune étant, au contraire, considérable.

En effet, entre le Poederlien et le Quaternaire vient se superposer une série d'assises, que nous appellerons avec M. Harmer, en allant de bas en haut : *Newbournien*, *Bulleyien* (les deux réunis constituant l'*Amstélien*), *Icenien* et enfin *Cromerien*.

Les mouvements du sol — paraissant peu considérables — qui se sont produits à ces époques n'ont guère eu de répercussion très sensible en Belgique, mais, cependant, ils doivent avoir laissé des traces.

D'une manière générale, le sol de notre pays devait être relativement élevé, puisque la mer Amstélienne, qui couvrait le Nord de la Hollande, n'a pu y pénétrer. Or, dans diverses notes que j'ai publiées (1), je montre que lorsque le pays était élevé, la pente des vallées vers la mer était au maximum, et, dès lors, la vitesse des eaux douces était grande.

Cette vitesse des eaux entraînait naturellement des érosions assez considérables et, par conséquent, l'approfondissement des vallées.

Si nous analysons les phénomènes qui se sont produits, nous constatons, après le retrait de la mer poederlienne (soulèvement du sol), un faible affaissement permettant un retour de la mer Amstélienne, laquelle n'a pas pénétré en Belgique.

Cet affaissement du sol a amené une moindre pente des cours d'eau, d'où continuation de l'accumulation des dépôts.

Plus tard, un nouveau soulèvement du sol s'est produit qui a chassé vers le Nord la mer Amstélienne; c'est alors que l'*Icenien* de M. le Dr Harmer, comprenant le Norwich crag, les couches de Chillesford et le crag de Weybourne, s'est déposé.

Dès lors, la pente des vallées a augmenté et l'érosion a repris.

Vers l'époque du Forest bed de Cromer, le soulèvement devait être au maximum; aussi peut-on logiquement rapporter à ce stade la formation de la pente rapide, indiquant dans les vallées une érosion violente non accompagnée, sur place, de sédimentation, érosion séparant la terrasse supérieure de 100 mètres de celle qui commence à 65 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux, pour se terminer entre 40 et 25 mètres au-dessus de ce même niveau.

Mais, tout à la fin du Cromerien, le sol s'est de nouveau affaissé,

(1) A. RUTOT, *Sur les relations existant entre les cailloutis quaternaires et les couches entre lesquelles ils sont compris.* (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., Bruxelles, t. XVI, 1902.)

ainsi que l'indique, dans le Norfolk, la petite invasion de la mer à *Leda myalis*, et la vitesse des cours d'eau a décréu.

Aussitôt la vitesse s'est ralentie, et alors s'est formée la terrasse de 65 à 25 mètres, très large, dans les vallées du bassin de l'Escaut, mais assez inclinée puisqu'elle accuse une dénivellation de 40 mètres en la considérant dans sa largeur.

Enfin, la formation de la terrasse s'est terminée par un abondant dépôt de cailloux sur tout le fond des vallées, fond dont le thalweg se trouvait encore à environ 20 à 30 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux.

Ce dépôt de cailloux, que nous retrouvons abondamment répandu sur la terrasse de 25 à 65 mètres, dans toutes nos vallées de Belgique; y compris la vallée de la Meuse, concorde avec la fin du Pliocène des auteurs anglais et termine aussi le Pliocène belge.

On voit donc que la Belgique n'est pas complètement exempte de dépôts du Pliocène supérieur, mais aucun de ces dépôts n'est marin et ils paraissent consister simplement en sédiments recouvrant la terrasse supérieure de 100 mètres et dans l'important cailloutis qui recouvre la terrasse inclinée de 25 à 65 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux dans les vallées.

II. — Pliocène du Sud-Est de l'Angleterre.

Nous donnerons maintenant un rapide aperçu du Pliocène du Sud-Est de l'Angleterre.

Nous trouvons précisément dans le tout récent travail de M. le Dr Harmer, dont j'ai cité le titre ci-dessus, un tableau de classification des couches pliocènes de l'Est de l'Angleterre, avec les synchronismes qu'il propose pour les couches pliocènes de Belgique.

Je ne doute pas un instant qu'au point de vue de la succession et du détail des couches anglaises, le tableau ne soit parfait et ne soit l'expression de la stricte vérité.

D'autre part, je ne me suis jamais personnellement occupé de l'étude détaillée du Pliocène de Belgique, étude qui a été faite principalement par MM. E. Van den Broeck, baron O. van Ertborn, P. Cogels et M. Mourlon.

Je ne suis donc nullement à même d'émettre un avis valable au sujet du synchronisme proposé par M. le Dr Harmer, et de décider qui a tort ou raison dans la petite discordance d'opinion qui sépare M. le Dr Harmer de nos confrères de Belgique.

Je dirai simplement que l'éminent géologue anglais n'admet pas la contemporanéité du Coralline crag et des Lenham beds, et il accentue cet avis en plaçant ces derniers dans le « Older Pliocene », tandis qu'il place le Coralline crag à la base du « Newer Pliocene ».

Les géologues belges ne semblent pas disposés à accepter cette manière de voir.

Pour eux, les sables à *Isocardia cor*, qu'ils admettent comme correspondant du Coralline crag, ne représentent qu'un facies du Diestien ou Pliocène inférieur, qui s'est déposé plus au large que les sables de Diest, ceux-ci représentant le facies littoral.

A ce propos, M. le Dr Harmer voudrait utiliser à nouveau l'ancien terme Casterlien de Dumont, entièrement délaissé de nos jours, pour l'appliquer aux sables à *Isocardia cor*, tandis qu'il propose comme équivalent du Casterlien belge, le terme *Gedgraven* pour le Coralline crag anglais.

La question a été reprise récemment devant la Société belge de Géologie par MM. E. Van den Broeck et van Ertborn, et d'après ce que j'en connais, j'avoue être plutôt disposé à adopter les vues de mes confrères.

Je m'empresse du reste d'ajouter que le présent travail n'a pas pour but de clôturer le débat et que les questions que je compte traiter sont toutes différentes et ont surtout rapport au synchronisme des couches moins anciennes et dont il n'a guère été parlé jusqu'ici.

Je ferai toutefois ici une remarque qui peut avoir son utilité.

En effet, espérer établir, dès l'abord, un synchronisme parfait et exact des couches de deux pays différents me semble toujours quelque peu illusoire.

Mais il existe déjà quelques chances d'établir le synchronisme de paquets de couches; c'est pour cette raison que je suis très partisan de la subdivision, même arbitraire, des ensembles tels que l'Éocène, l'Oligocène, le Miocène et, par conséquent, aussi le Pliocène, en trois groupes à nommer : inférieur, moyen et supérieur.

Cette subdivision, arbitraire dès l'abord, peut se modifier et se préciser assez rapidement dans la suite.

Je regrette donc que M. le Dr Harmer ait divisé le Pliocène en deux parties bien inégales, me semble-t-il, et surtout qu'il les nomme « ancien Pliocène » et « nouveau Pliocène ».

Passant sur le petit différend du Coralline crag, j'eusse préféré voir instituer un Pliocène inférieur, un Pliocène moyen et un Pliocène supérieur, auxquels nous aurions pu, sans doute, nous rallier aisément.

Conformément à ma manière de voir, j'ai dû, bien malgré moi, opérer moi-même la subdivision du Pliocène en trois parties.

Je crois que je serai d'accord avec tous mes confrères belges en constituant le Pliocène inférieur du Diestien, y compris les sables à *Isocardia cor*; quant à ce qui concerne les divisions moyenne et supérieure, j'ai considéré comme Pliocène moyen les étages scaldisien et poederlien qui ont concordé avec des mers relativement amples, puisqu'elles ont recouvert une portion notable de la Belgique; tandis que j'ai rejeté dans le Pliocène supérieur les périodes de mers restreintes dont aucune n'a pénétré dans notre pays.

Cela étant, voyons comment on peut grouper les couches de l'Est de l'Angleterre d'après ce principe.

Pliocène inférieur.

M. le Dr Harmer y place uniquement les Lenham beds, ou zone à *Arca diluvii*, et il y rattache par sa faune le lit à box-stones.

Les géologues belges sont d'avis de placer dans le Pliocène inférieur, le Diestien, avec son facies littoral grossier (sables de Diest) et son facies plus profond (sables à *Isocardia cor*).

Quant aux box-stones (1) dont M. le Dr Harmer considère la faune comme pliocène, ce géologue croit qu'ils sont constitués de fragments roulés de grès ferrugineux fossilifère provenant de la dénudation du Diestien; mais ces box-stones sont également très bien connus en Belgique, et nous y voyons, non des fragments de roche ferrugineuse roulés, mais de véritables concrétionnements opérés autour de fossiles dont le test calcaire a disparu, mais dont il est resté l'empreinte externe et le moule interne.

Ces concrétions ont été remaniées à leur tour.

M. le Dr Harmer compare la faune renfermée dans les box-stones à celle des sables de Waenrode, qui est miocène (bolderienne) pour les géologues belges, de sorte que cette faune ne peut pas plus entrer en ligne de compte, stratigraphiquement, que les sortes de box-stones que l'on rencontre, à Elsloo, dans le gravier de base des sables bolderiens et dont la faune est oligocène.

Au point de vue belge, M. le Dr Harmer vieillit ainsi artificiellement le Pliocène inférieur, lui donne un aspect faunique qu'il ne possède pas en réalité, ce qui explique les divergences d'opinion qui viennent d'être exposées.

(1) En Angleterre, ces box-stones font partie du gravier de base du Coralline crag et du Red crag.

Pliocène moyen.

Dans la série des couches du « Newer Pliocene » de M. le Dr Harmer, je propose de faire une coupure permettant de créer un Pliocène moyen pouvant être identifié avec le Pliocène moyen de Belgique, constitué par les étages scaldisien et poederlien.

En supposant le principe admis, le Gedgraven ou Coralline crag étant reporté dans le Pliocène inférieur, selon l'avis actuel des géologues belges, le Pliocène moyen comprendrait simplement le Waltonien de M. le Dr Harmer, ou Essex crag, divisé par l'éminent géologue anglais en deux horizons, l'un inférieur ou horizon de Walton, correspondant au Scaldisien, l'autre supérieur ou horizon de Oakley, correspondant au Poederlien.

Je m'empresse d'ajouter que si ce mode de division du Pliocène paraît rationnel aux géologues belges, il semblera peut-être moins justifié aux géologues anglais.

Je base ma proposition sur la considération des mers amples et des mers restreintes.

A toutes les époques du Pliocène, l'existence de la mer du Nord n'a été, en réalité, qu'un accident.

Le vrai rivage normal reliait directement l'Angleterre à la Scandinavie, et à des intervalles plus ou moins réguliers, des affaissements du sol, dans la région des Pays-Bas, permettaient des invasions marines du Nord vers le Sud, qui constituaient provisoirement une mer du Nord.

Or, pendant le Pliocène, la mer ample maximum s'est produite pendant le Pliocène inférieur, puis, pendant le « Newer Pliocene » de M. le Dr Harmer, la mer s'est encore avancée suffisamment vers le Sud pour qu'elle ait pu recouvrir une portion sensible du territoire belge et tout le territoire hollandais.

Ce sont ces deux invasions qui ont déposé le Scaldisien et le Poederlien.

Après ces invasions, des mouvements du sol se sont encore produits, mais plus faibles, si bien que l'envahissement marin, loin de pénétrer en Belgique, n'a pu recouvrir en entier le territoire hollandais.

Ce phénomène caractérise la période dite amsteliennne.

Plus tard, la mer ne semble même plus avoir atteint la Hollande.

Pour les géologues belges, une ligne de démarcation entre le régime de mer ample du Scaldisien-Poederlien et le régime de mer restreinte

de l'Amstelien s'impose donc, et c'est là que l'on est tenté de placer la limite entre le Pliocène moyen et le Pliocène supérieur.

Pour les géologues anglais, la question ne se présente pas de la même manière.

L'Est de l'Angleterre, par sa position septentrionale par rapport aux provinces belges, n'a pas subi de fluctuations aussi accentuées.

Pendant l'Amstelien, aussi bien que pendant le Scaldisien-Poederlien, la mer a séjourné dans la région du Norfolk, et ce n'est qu'après l'Amstelien que la période de mer restreinte s'est nettement accusée.

Pour ce qui concerne l'Est de l'Angleterre, pendant les périodes scaldisienne, poederlienne et amsteliennne, il s'y est déposé des sédiments marins d'aspect assez uniforme, dont l'ensemble a été connu pendant longtemps sous le nom de Red crag.

M. le Dr Harmer et ses confrères ont actuellement subdivisé cette masse en trois étages : le *Waltonien* ou Essex crag, correspondant au Scaldisien et au Poederlien, le *Newbournien* ou crag de Newbourn et de Sutton, correspondant à l'Amstelien inférieur, et le *Butleyien* ou crag de Butley et de Bawdsey, synchronique de l'Amstelien supérieur.

C'est au-dessus du Butleyien que commence réellement, pour l'Angleterre, le régime des mers restreintes, de sorte qu'il n'est pas douteux que, dans le cas où les géologues anglais admettraient l'idée d'une division du Pliocène en trois parties, c'est au sommet de l'Amstelien ou du Butleyien qu'ils préféreraient tracer la limite entre le Pliocène moyen et le Pliocène supérieur.

Pliocène supérieur.

En nous replaçant au point de vue belge, le Pliocène supérieur anglais comprendrait donc le Newbournien et le Butleyien, plus les deux divisions supérieures de M. le Dr Harmer, qui sont : l'*Icenien* et le *Cromerien*.

D'après le récent tableau de M. le Dr Harmer, l'Icenien comprendrait, en allant de bas en haut :

Le Norwich crag (marin),
Les Chillesford beds (d'estuaire),
Les Weybourne et Belaugh crag.

Enfin, le Cromerien serait constitué par ce qu'on a appelé jusqu'ici « Forest bed » des côtes de Cromer et du Kessingland.

La même série comprend, d'après M. Clement Reid, les couches suivantes de bas en haut :

Norwich crag,
Chillesford clay,
Weybourne and Bure Valley crag,
Cromer Forest bed,
Couche à *Leda myalis*,
Couche arctique d'eau douce.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler ici sommairement la composition de ces couches.

D'après M. Harmer, le Crag de Norwich est composé de sable fin, avec veines d'argile et lits de petits cailloux, renfermant une quantité de coquilles pressées et plus ou moins brisées, la plupart marines, avec espèces d'eau douce et terrestres mélangées.

Le Crag de Norwich paraît s'être déposé à l'embouchure d'un estuaire ou dans une baie peu profonde à l'embouchure d'un fleuve venant du Sud. Le caractère de la faune est nettement boréal, et cependant on y voit apparaître quelques formes méridionales, telles que *Cyrena* (*Corbicula*) *fluminalis*, sans doute apportées du Sud par les cours d'eau.

L'argile de Chillesford est également assez complexe. Elle se compose d'argile laminée, très micacée, avec lits caillouteux renfermant les roches du bassin hydrographique du Rhin et de la Meuse, le tout paraissant déposé dans un estuaire boueux.

Au-dessus de l'argile de Chillesford s'étendent quelques couches fossilifères de sable et de graviers de silex avec mélange de cailloux méridionaux. Ce sont des dépôts littoraux appelés Crag de Weybourne. Ici l'accumulation de coquilles arctiques devient manifeste et, pour la première fois, apparaît *Tellina balthica*.

D'après M. Harmer, l'apparition en grande profusion et subite de cette coquille indiquerait une communication entre la mer du Nord et une mer plus septentrionale, telle que la Baltique.

Or, comme il semble que précédemment les glaces du Glaciaire pliocène isolaient les deux mers, cette communication pourrait indiquer l'époque du retrait des glaces de la glaciation pliocène, c'est-à-dire du premier Interglaciaire.

Au-dessus du Crag de Weybourne s'étendent des couches complexes appelées généralement : *Forest bed Series* ou *Cromer forest bed*, mais dont M. Harmer critique le nom, qu'il voudrait voir transformer simplement en *Cromer beds*.

D'après M. Clement Reid, la série comprendrait d'abord, vers le bas, un horizon d'eau douce, rarement visible, et un horizon moyen d'estuaire, avec *Cardium*, *Mytilus*, *Littorina* et coquilles terrestres, et dont la surface représenterait un ancien sol, altéré et perforé de racines.

Enfin, le niveau supérieur serait lacustre et déposé dans des dépressions.

La faune et la flore de ces horizons sont variées.

La faune marine a un caractère arctique, mais les formes terrestres et d'eau douce ne sont pas boréales.

Les végétaux montrent un climat tempéré et comprennent le Chêne, le Hêtre, l'Orme, le Mélèze, le Pin et *Trapa natans*.

Enfin, les grands mammifères abondent; on y signale : *Elephas meridionalis*, *Elephas antiquus*, *Ovibos moschatus*, *Arvicola intermedius*, *Trogontherium Cuvieri*, plus beaucoup de Cervidés, ainsi que *Rhinoceros etruscus*, *Equus stenonis*, *Trichedus Huxleyi*, *Machairodus* et *Ursus spelæus*.

M. Harmer se montre nettement sceptique au sujet de ces éléments paléontologiques. Il croit à un apport considérable des ossements de mammifères et des troncs d'arbres par les fleuves venant du Sud, de sorte qu'en réalité le climat de la région Sud-Est de l'Angleterre, pendant le Cromerien, aurait été moins tempéré qu'on ne le croit généralement; d'autant plus que les organismes dont il vient d'être question sont localisés dans les dépôts d'estuaire.

Le Cromerien semble se terminer enfin par deux dépôts de peu d'importance et qui ont été placés par les uns dans le Pliocène, par les autres dans le Pleistocène.

Ce sont les sables à *Leda myalis*, avec *Ostrea* et la couche arctique d'eau douce, découverte par le professeur Nathorst sous le Boulder clay inférieur.

Cette couche d'eau douce renferme *Salix polaris*, *Betula nana* et quelques plantes aquatiques. Le seul mammifère signalé est le Spermophile.

La manière de voir actuelle des géologues consiste à ranger ces couches tout au sommet du Pliocène.

Nous avons dit ci-dessus que les géologues anglais préféreraient probablement placer la limite du Pliocène supérieur et du Pliocène moyen au sommet du Butleyien; de cette façon, ils ne comprendraient dans le Pliocène supérieur que l'Icenien et le Cromerien de M. le Dr Harmer.

QUATERNAIRE OU PLEISTOCÈNE.

I. — Quaternaire de Belgique.

J'ai déjà fourni, à différentes reprises, et tout récemment encore dans mon travail intitulé : *Comparaison du Quaternaire de Belgique au Glaciaire de l'Europe centrale*, ce qu'il est utile de connaître au sujet du Quaternaire de Belgique au point de vue qui nous occupe ; je ne crois donc pas nécessaire de reproduire ici ce qui a déjà paru ailleurs, ni d'entrer dans des détails complémentaires.

Je prierai donc le lecteur de se reporter au travail précité, en me bornant à rappeler que les divisions admises en Belgique par les spécialistes sont les suivantes, en partant de l'inférieure :

Moséen ;
Campinien ;
Hesbayen ;
Brabantien ;
Flandrien.

II. — Quaternaire du Sud-Est de l'Angleterre

Les géologues anglais, dont beaucoup n'admettent pas encore les six époques glaciaires de M. le professeur J. Geikie, continuent à diviser le Pleistocène en deux grands groupes : le *Glaciaire* et le *Post-glaciaire*.

Le *Glaciaire* comprend deux époques glaciaires proprement dites, c'est-à-dire deux périodes d'avancement des glaces, séparées par une période interglaciaire.

Le *Post-glaciaire* comprend tout ce qui s'est déposé depuis le retrait du second Glaciaire jusque nos jours.

De cette manière, la plupart des géologues anglais englobent — sans doute à cause de grandes difficultés pratiques — ce que nous appelons le *terrain moderne* (1) dans le Pleistocène.

En Belgique, où la question de la séparation nette du Quaternaire et du Moderne offre beaucoup moins de difficultés, nous distinguons toujours le Moderne du Quaternaire, ce qui, à divers points de vue, et surtout au point de vue préhistorique, offre un grand avantage.

En Angleterre, les régions sur lesquelles le *Glaciaire* a sévi directement, là où il a laissé des traces évidentes, sont généralement bien connues, et les dépôts des deux périodes glaciaires, nettement séparées

(1) Le terme *Holocène* commence à être utilisé pour dénommer le terrain moderne.

par la période interglaciaire, 'ont été décrits et dénommés dans tous leurs détails.

Mais pour ce qui concerne le *Post-glaciaire*, il règne encore — au moins dans les travaux publiés — une grande obscurité.

On se trouve uniquement en présence de faits locaux que l'on ne parvient pas, semble-t-il, à synchroniser, de sorte qu'au Congrès géologique international tenu à Londres en 1888, aucune échelle du Post-glaciaire de l'Angleterre n'a pu être présentée par la Commission spéciale.

Depuis lors, quelques essais de concordance locale ont vu le jour avec tentatives de raccordement avec des couches de Belgique, mais beaucoup de ces travaux ne me semblent pas heureux, ou parlent de couches que nous ne connaissons pas et sur lesquelles il nous est impossible de donner un avis.

De même, les auteurs anglais, lorsqu'ils quittent les régions ayant subi effectivement la glaciation, paraissent perdre la direction et beaucoup ont une tendance à rejeter toutes les couches quaternaires indistinctement dans le Post-glaciaire, même celles présentant le facies ancien le plus incontestable.

J'ai pu remarquer que cette tendance provient, en grande partie, de ce que les coupes fournissant la stratigraphie du Quaternaire à facies non glaciaire, ne sont pas étudiées *en détail* avec le soin que comportent *nécessairement* des recherches aussi délicates. Les coupes sont généralement appréciées trop en gros et si l'une des couches montre certains caractères indiquant plus spécialement un âge déterminé, toutes les autres, de facies et d'âge parfois fort différents, sont rapportées à la même période.

Il est pour moi évident que le soin et la minutie prodigués pour l'étude des couches primaires, secondaires et tertiaires, n'ont jamais été appliqués à l'étude du Quaternaire qui, précisément, réclame des observations longues, répétées, très approfondies et faites avec esprit de suite et méthode.

C'est là que les études dites « monographiques » présentent leur maximum d'utilité.

Ce qui vient d'être dit ne constitue nullement une critique adressée aux géologues anglais; les géologues de toutes les nations sont — il faut bien l'avouer — dans la même situation. Partout, le Quaternaire est notablement moins bien connu que les autres divisions de la série géologique.

Pour progresser dans une branche de la science, il est indispensable

de se spécialiser; or, où sont les spécialistes du Quaternaire? Leur dénombrement ne serait pas très long à faire.

Presque toujours, pour les géologues qui s'intéressent à tous les terrains, le Quaternaire c'est l'accessoire, et comme il a, en raison de ses difficultés, la réputation de constituer « la bouteille à l'encre de la Géologie », le plus souvent il est dédaigné ou traité en ennemi.

C'est toujours à lui que revient la part d'observation la plus restreinte, la plus défiante, la plus restrictive, et beaucoup de géologues leveurs de cartes géologiques, lorsqu'ils l'aperçoivent au sommet de coupes tertiaires, secondaires ou primaires qu'ils ont eu la peine de débrouiller et de déterminer, s'empressent ordinairement de lui attribuer, de loin, un signe conventionnel et, s'il se présente avec quelques complications, de le dénommer tout simplement « éboulis des pentes » ou « limon de lavage ».

Contrairement à beaucoup de leurs confrères du continent, les géologues anglais ont, au moins, bien étudié les régions ayant subi la glaciation, et l'une de ces régions comprend le Norfolk et le Suffolk.

Voici donc, d'après les spécialistes anglais, la constitution des couches qu'ils rapportent au Glaciaire, en commençant par le bas.

En ne tenant pas compte du premier Glaciaire pliocène, dont nous avons déjà dit un mot ci-dessus, nous trouvons d'abord :

A. — Le premier Glaciaire quaternaire.

En Angleterre, comme dans les autres pays, le premier Glaciaire quaternaire est celui qui correspond à la plus grande extension des glaces en Europe. C'est le « Grand Glaciaire ».

Dans les régions, très étendues en Angleterre, où s'est avancée la calotte de glaces septentrionales, la masse de glace a été accompagnée soit par des moraines frontales, soit par des moraines de fond.

Pendant la durée du grand phénomène, de petites périodes de fusion localisées ont interrompu un instant la marche de la calotte de glace et les eaux de fusion ont délavé des parties de moraines, ont charrié des boues glaciaires, ou ont plus ou moins remanié les éléments morainiques.

Les auteurs anglais nous font aisément toucher du doigt tous ces phénomènes.

Ils nous montrent d'abord le vaste manteau morainique s'étendant sur toute la partie glaciée, composé d'un mélange de boue tenace et de blocs anguleux et striés de roches diverses.

C'est le *Boulder-clay inférieur* ou *Lower Boulder-clay*, connu dans le Sud-Est de l'Angleterre sous le nom local de *Till*.

La masse du Till peut se décomposer en trois parties :

1° Un banc inférieur de Boulder-clay, composé d'argile non stratifiée avec nombreux petits blocs erratiques à facettes et striés.

Les roches sont : granite, gneiss, schistes, roches carbonifères, jurassiques, crétacées et éocènes.

2° Un lit intercalé d'*argiles laminées*, sans fossiles ; ce sont probablement des boues glaciaires finement stratifiées.

3° Un banc supérieur de Boulder-clay, qui ne diffère guère de l'inférieur que par une abondance plus grande d'éléments crayeux.

B. — Interglaciale.

Au-dessus du Till se montrent des *sables crayeux*, ne contenant que des débris de fossiles marins, paraissant remaniés. Il est probable, toutefois, que ces sables sont d'origine marine.

En certains points, les sables crayeux sont surmontés d'une couche hétérogène, qui a reçu le nom de *Contorted drift*. Ce sont de petites masses lenticulaires de Boulder-clay, de sable et de gravier, qui semblent avoir été déposées par tas peu élevés.

En réalité, il paraît plus probable que le *Contorted drift* ne constitue pas un dépôt, un terme stratigraphique ; il serait le résultat de l'action de la nappe de glace en mouvement. Certains auteurs croient cependant que le drift a été déposé sous l'eau, sous forme de sables et de cailloux d'origine morainique.

Toutefois, presque tous sont d'accord pour reconnaître que le drift a été contourné à une date postérieure à son dépôt.

A ce drift sont superposés les *Middle glacial Sands, Clay and Pebbles*, masse de sable, d'argile et de cailloux roulés, à laquelle la plupart des géologues attribuent une origine marine et qui renferme une faune hétérogène d'éléments anciens et d'éléments les uns méridionaux, les autres septentrionaux, indiquant plutôt des remaniements fauniques.

Tout bien considéré, les trois divisions distinguées dans l'Interglaciale sont principalement constituées de sables et de cailloux dont l'origine marine, très littorale, est généralement admise.

Au milieu de ce dépôt, il s'est peut-être produit un phénomène perturbateur, dû au mouvement du front de la calotte de glace, mais il semble plus probable que ce phénomène s'est produit plus tard, ainsi que nous allons le voir, car nous sommes en période interglaciale, et

le front de la calotte de glace s'était probablement retiré vers le Nord.

Puisque nous parlons en ce moment de l'Interglaciaire, je n'hésite pas un seul instant, à la suite de mes observations, à placer ici le cailloutis et les sables fluviaux épais qui le surmontent, qui se sont déposés à Erith, à l'Est de Londres, sur la basse terrasse de la vallée de la Tamise.

Ces couches d'Erith reposent directement soit sur la craie blanche, soit sur le Thanétien, et elles renferment d'abord une faune malacologique où domine *Corbicula fluminalis*, bivalve, *in situ*, et une faune de grands vertébrés qui est celle de l'*Elephas antiquus*. Des quantités de belles molaires, très bien caractérisées, de l'*Elephas antiquus* ont été rencontrées à Erith.

Dans le cailloutis de base, reposant sur la craie, et composé en majorité de rognons de silex, j'ai recueilli de bons spécimens d'une industrie primitive ou éolithique, qui se trouve exactement à la place qu'occupe en Belgique l'industrie reutelo-mesvinienne.

Les géologues anglais placent généralement les couches d'Erith à *Corbicula fluminalis* dans le Post-glaciaire.

Peut-être est-ce parce qu'elles sont surmontées directement, et sans l'intermédiaire d'un gravier important, qui rend la séparation plus sensible, par une sorte de limon gris sableux, qui n'est autre chose que l'équivalent du facies sableux du Hesbayen, très développé en Belgique, dans la Flandre.

Parce que la séparation entre les deux dépôts ne se présente pas très nette, les géologues qui ont émis leur avis sur les couches d'Erith n'y voient qu'une seule masse sableuse variant de composition de bas en haut. Et comme la partie sableuse est reconnue pour être le *loam*, équivalent du *Læss*, qui est post-glaciaire, tout l'ensemble se trouve placé dans le Post-glaciaire.

Il n'en est rien.

Les couches à *Corbicula fluminalis* et à faune de l'*Elephas antiquus* d'Erith sont l'exact équivalent de nos cailloux, sables et glaise moséens, et elles n'ont rien de commun avec le Hesbayen qui les surmonte.

Et ici nous avons encore un exemple frappant des dangers qu'il y a de toujours considérer les couches quaternaires « en gros », au lieu de les considérer, au contraire, en grand détail, comme elles le demandent.

Si l'on consulte les listes de fossiles d'Erith, on y voit cités côte à côte l'*Elephas antiquus* et l'*Elephas primigenius*, comme s'ils avaient été recueillis au même niveau.

Je crois que c'est là une erreur.

Les ossements de l'*Elephas antiquus* sont localisés dans la couche de sable vert à *Corbicula fluminalis*, tandis que les restes de Mammouth se rencontrent précisément à la limite de ces sables et du *loam*, c'est-à-dire à la place qu'ils occupent en Belgique lorsqu'il y a contact direct de Hesbayen sur Moséen (comme, par exemple, aux carrières du Hainaut, à Soignies).

Et pour rendre la démonstration encore plus complète, j'ai retiré à Erith, au niveau à ossements de Mammouth, deux silex dont l'un est rapportable à l'industrie mesvinienne et dont l'autre, un bel éclat ou lame allongée en pointe, à bulbe de percussion très net, dit « éclat Levallois », rappelle parfaitement ceux que je trouve en grand nombre à l'Exploitation Helin, à Spiennes, dans les niveaux à coups-de-poing soit chelléens, soit acheuléens.

Or, on sait que l'industrie mesvinienne est contemporaine du sommet du Moséen et que les industries chelléenne et acheuléenne sont contemporaines du Campinien, qui fait ici défaut.

Normalement, le Campinien est recouvert immédiatement par le Hesbayen.

Pour ma part, je considère donc comme acquis le synchronisme précis du Moséen helge et des sables d'Erith à *Corbicula fluminalis* et à faune de l'*Elephas antiquus*; ces derniers étant ainsi l'équivalent fluvial des *Middle glacial Sands, Clay and Pebbles*, qui seraient d'origine marine (1).

C. — Le deuxième Glaciaire quaternaire.

La phase d'avancement du deuxième Glaciaire est, comme la première, représentée par du Boulder-clay et les dépôts qui en dérivent.

Toutefois, le Boulder-clay du deuxième Glaciaire n'a plus la même composition que celui du premier Glaciaire quaternaire; aussi, pour le distinguer du premier, lui a-t-on donné le nom de *Chalky Boulder-clay*.

Dans le Sud-Est de l'Angleterre, le Chalky Boulder-clay est représenté par deux facies. L'un, compris entre le Wash et la Tamise, est le Chalky Boulder-clay proprement dit. L'argile est dépourvue de stratification et les blocs qu'elle contient ne se rapportent guère qu'à des couches jurassiques et surtout crétacées.

(1) La partie du Moséen à facies marin de la Campine limbourgeoise se serait ainsi déposée dans la même mer que les *Middle glacial Sands* de l'Est de l'Angleterre.

Vers Norwich, le Chalky Boulder-clay passe latéralement à un gravier très grossier et qui a reçu le nom de *Cannon shot gravel* ou *Plateau gravel* et est composé de grands silex roulés.

D'après l'allure et la disposition des couches, il semble que le Chalky Boulder clay et le Cannon shot gravel ont constitué des moraines frontales successives de la calotte de glace en mouvement. Mais, le glacier continuant à avancer, la calotte tendait à niveler ces moraines, puis passait par-dessus avec une poussée N.-E. ou N.-N.-E.

Ces éléments caillouteux, pris d'une part dans la glace mobile et d'autre part dans leur terrain de support immobile, ont d'abord résisté, mais la poussée persistant, irrésistible, le cailloutis et son support se sont plissés et contournés. D'autre part, dans son mouvement de translation, la calotte de glace avait raboté les masses crayeuses formant le sous-sol, et ces paquets de craie, poussés en avant, vinrent pénétrer à leur tour dans le Boulder-clay et contribuèrent ainsi à le bouleverser.

C'est là l'origine des *Contorted beds of Cromer*.

C'est probablement aussi l'origine du *Contorted drift* dont il a été question dans l'Interglaciaire; ce drift a vraisemblablement été pris dans le contournement des couches causé par le mouvement de la calotte de glace du second Glaciaire.

Ce mouvement de contournement existe du reste aussi en dehors de la région glaciée, mais sur une échelle beaucoup plus réduite, et toujours, dans ce cas, c'est le sommet de l'Interglaciaire qui est contourné.

J'ai observé personnellement les contournements à Erith, dans la vallée de la Tamise, et là c'est le sommet des sables moséens à *Corbicula fluminalis* qui est contourné, et les plis concaves qui semblent avoir été figés par le sol gelé, ont été ultérieurement comblés par le limon hesbayen.

En Hollande, en Belgique, dans la Flandre, en France, dans le bassin de Paris, des contournements semblables, beaucoup plus marqués en Hollande qu'en Belgique et en France, ont été constatés.

En Hollande, les couches du Diluvien ancien ou Moséen ont été contournées par la calotte de glace elle-même; mais en Belgique et en France il n'en est plus de même.

Comme ces contournements existent toujours le long de pentes, je les attribue à l'accumulation de neiges tombées directement sur le sol, lesquelles, soudées à celui-ci par la gelée, l'ont entraîné et plissé en glissant sur la pente sous l'influence de leur propre poids.

Dans tous les cas de plissements semblables que je connais, ce sont toujours les glaises moséennes et le cailloutis sur lequel elles reposent qui ont été contournés, et avec ces couches est prise également une partie du terrain tertiaire servant de support.

Dans ce cas, comme en Angleterre, le contournement s'est arrêté nettement à un niveau déterminé, parallèle à la surface du sol et qui est probablement la limite entre le sol gelé et le sol non gelé. C'est l'épaisseur gelée qui a été contournée.

Certains auteurs ont essayé de saisir quelques niveaux distincts dans la masse du Chalky Boulder-clay. On y a reconnu trois facies superposés qui ont reçu les noms suivants, en commençant par le bas :

Chalky	}	Boulder-clay.
Purple		
Hessle		

Pour ce qui concerne la région non glaciée, je puis, avec la même sécurité que j'ai eue pour synchroniser les sables à *Corbicula fluminalis* d'Erith avec le *Moséen* de Belgique, placer ici au niveau du Chalky Boulder-clay et, par conséquent, du *Campinien* de Belgique, les alluvions caillouteuses et sableuses des plus bas niveaux des vallées et notamment de la Tamise, c'est-à-dire les alluvions déposées dans le lit et sur les berges basses, immédiatement après le creusement maximum de la vallée.

Ce sont bien certainement les alluvions caillouteuses de cet âge qui ont fourni aux préhistoriens anglais, et notamment à MM. P. Martin et R. Elliott, la superbe série de coups-de-poing chelléens et acheuléens recueillie à Northfleet, à l'Est de Londres, rive Sud, dans les terrassements de Milton Street, et dont ces messieurs ont bien voulu donner au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles une très remarquable série.

Enfin, je crois devoir faire rentrer encore dans le Campinien, c'est-à-dire tout à la fin du deuxième Glaciaire, à l'époque du maximum de glaciation, des couches signalées par M. Clement Reid comme les premières appartenant au Post-glaciaire.

Je veux parler des *argiles laminées* avec débris de plantes arctiques et qui sont probablement encore des boues glaciaires stratifiées sous l'eau, et des *graviers* et *limons* renfermant tous deux des silex paléolithiques et des ossements de Mammouth.

M. C. Reid cite notamment la localité de Bacton, où il a découvert une mandibule de Mammouth à la base d'une couche de gravier rem-

plissant le lit d'un ancien cours d'eau creusé dans le *Contorted drift*.

On voit qu'il s'agit bien ici d'un gravier des plus bas niveaux, ce qui est absolument conforme à ce qui se passe en Belgique. Je m'expliquerai plus loin à ce sujet.

D. — Le Post-glaciaire.

M. Clement Reid distingue, comme nous, les *Recent beds* ou couches modernes des couches pleistocènes ou quaternaires.

Il ne sera donc ici question que du Post-glaciaire quaternaire.

Les renseignements un peu certains que j'ai tirés de mes lectures m'ont montré que sont considérés comme post-glaciaires :

- 1° Les argiles laminées à végétaux arctiques;
- 2° Les graviers et limons à Mammouth et à industrie paléolithique;
- 3° Les graviers des vallées;
- 4° Les limons (Brickearth) des hauts et des bas niveaux.

Au-dessus, je n'ai plus d'indications précises.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, par analogie avec ce qui se passe en Belgique et dans la vallée de la Somme, je place tout au sommet du deuxième Glaciaire les deux premiers termes indiqués ci-dessus,

Les argiles laminées constituent un dépôt tout local formé, à un moment donné, en avant du front de la calotte de glace, dans des dépressions remplies d'eau douce.

Elles n'ont pas, stratigraphiquement, une grande importance.

Mais les graviers et limons (1) à Mammouth et à industrie paléolithique ont une importance beaucoup plus générale, d'autant plus que cette industrie paléolithique consiste en réalité en un mélange d'industries très voisines, qui se sont succédé rapidement pendant le Campinien de Belgique.

L'industrie paléolithique signalée par les auteurs anglais peut, en effet, se diviser en trois groupes, qui sont :

- 1° Transition du Mesvinien au Chelléen;
- 2° Chelléen proprement dit;
- 3° Acheuléen.

On savait déjà, par les longues observations faites à l'ancienne exploitation Helin, à Spiennes (actuellement Société de Saint-Gobain), que les deux dernières industries se développent, la première dans la

(1) Ce terme *limon* est ici improprement employé. Ces « limons » sont des sables plus ou moins argileux qu'avec M. Ladrière nous sommes convenus d'appeler *glaises*, précisément pour éviter la confusion.

couple de mètres de sable et de glaise campiniens, la seconde dans le faible gravier surmontant le Campinien, gravier que recouvre immédiatement le limon hesbayen.

Or, une fouille considérable, qui a duré deux mois, pratiquée récemment par le Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles à l'emplacement de l'ancienne exploitation Helin, et qui a donné d'excellents résultats, a démontré l'exactitude d'une idée qui m'était venue à l'inspection de l'industrie recueillie dans les sables campiniens.

On voyait manifestement que l'ensemble devait pouvoir se diviser en deux groupes : le premier renfermant des instruments de forme imparfaite et transitoire, le second représentant d'une manière plus particulière la belle industrie chelléenne.

J'ai profité des nouvelles fouilles pour examiner attentivement la coupe des sables campiniens et j'ai pu voir que ceux-ci se composent de deux parties superposées, l'une inférieure, de sable blanchâtre à stratification régulière et tranquille, partiellement ravinée par une partie supérieure à eaux animées d'une vitesse plus grande, vitesse qui avait toutefois rapidement décréu au point que, vers le haut, un dépôt de glaise (sable argileux) avait remplacé le sable meuble.

On sait (1) que le cailloutis paraissant servir de base au sable campinien appartient en réalité au sommet du Moséen et que, après son dépôt, il a été émergé, ce qui a permis aux populations à industrie mesvinienne de venir l'occuper et d'y abandonner les restes, très abondants, de leur industrie.

Une première crue campinienne vint chasser les populations du lit de la Trouille, puis cette crue prit fin et des populations revinrent s'établir au même emplacement.

A environ 0^m,50 au-dessus du cailloutis à industrie mesvinienne, on remarque, entre les deux niveaux sableux du Campinien, un premier lit caillouteux qui paraît, d'abord, être un gravier. Mais on reconnaît rapidement que les cailloux roulés ou les pierres sans forme sont très rares.

La masse des cailloux est constituée de très nombreux éclats de débitage intentionnel, portant tous le bulbe de percussion, tous à arêtes tellement tranchantes qu'on risque de se blesser en les maniant et restés tellement bien en place qu'au moyen des éclats débités, on peut

(1) A. RUTOT, *Sur les relations existant entre les cailloutis quaternaires et les couches entre lesquelles ils sont compris*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI, 1902.)

reconstituer en tout ou en partie les rognons tels qu'ils étaient à l'état brut avant le débitage.

Avec ces éclats non utilisés, on trouve un certain nombre de pièces travaillées, qui sont des éclats utilisés et retouchés constituant des racloirs, des grattoirs et de véritables pointes de forme moustérienne, plus des coups-de-poing de forme chelléenne, mais assez rudimentaires et toujours très grossiers. Beaucoup des éclats utilisés rappellent encore le Mesvinien, mais la retouche est mieux faite, plus soignée et, généralement, plus régulière.

Plus haut se développe donc la partie supérieure des sables campiniens, et à peu près à la limite du sable et de la glaise qui le surmonte, on remarque un nouveau lit caillouteux, encombré localement de gros rognons de silex entiers, mais tous très fendillés naturellement et tombant en fragments anguleux dès qu'on veut les extraire.

Ces blocs sont trop localisés, trop nombreux et trop gros pour qu'ils puissent avoir été transportés par les eaux de la Trouille.

A mon avis, ils constituent un approvisionnement, un magasin de matière première apportée de divers points par les populations qui étaient revenues occuper le lit de la rivière.

En effet, à ce même niveau, on trouve de ces mêmes blocs intentionnellement débités, des quantités d'éclats de taille et de lames grossières, toutes avec le bulbe de percussion, des racloirs et des pointes forme moustérienne de belle facture et le vrai coup-de-poing chelléen typique, taillé à grands éclats sur les deux faces, de bonne forme amygdaloïde.

Ici, nous sommes donc au niveau du *vrai* Chelléen et, en jetant alors un coup d'œil sur le groupe d'instruments du niveau inférieur, on voit clairement qu'il constitue réellement une transition très nette et évidente entre le Mesvinien et le Chelléen.

Enfin, au-dessus du niveau chelléen s'étend la glaise campinienne dont la partie supérieure, noircie, représente très nettement un ancien sol.

C'est sur cette partie noircie que reposent les instruments de forme acheuléenne évidente.

Mais ce n'est pas tout.

Un petit retour des eaux fluviales a de nouveau recouvert cet ancien sol d'une couche de 0^m,20 de sable grossier et graveleux, le gravier étant surtout étendu à la partie tout à fait supérieure.

C'est sur ce gravier supérieur, qui n'a fourni aucune industrie, que repose le limon hesbayen.

On voit donc clairement qu'avant l'époque où les conditions clima-

tériques ayant changé et ayant provoqué la fusion rapide des glaces du deuxième Glaciaire, il s'est passé, au moment même de l'apogée du deuxième Glaciaire, un certain nombre de phénomènes locaux, de petites crues successives avec dépôts et arrêts de sédimentation dont les populations ont tiré profit pour venir réoccuper les emplacements dont elles avaient été chassées.

C'est en regard de cet ensemble que viennent se placer les argiles laminées à végétaux arctiques et les limons (glaise) et graviers du fond des vallées, à Mammouth et à industrie paléolithique constituée par l'ensemble, mélangé ou non, des trois industries : transition du Mesvien au Chelléen, Chelléen et Acheuléen, qui s'y rencontrent.

Voilà donc ce que j'ai à dire au sujet des deux premières couches indiquées comme post-glaciaires; je traiterai maintenant des deux dernières qui comprennent :

3° Les graviers des vallées;

4° Les limons (Brickearth) des hauts et des bas niveaux.

Ici, j'avoue ne plus comprendre pourquoi l'on a séparé les graviers n° 3 des graviers et limons (glaise) n° 2, à Mammouth et à industries paléolithiques, car ils sont les mêmes.

A-t-on voulu les séparer les uns des autres parce que les graviers n° 2 appartiennent aux régions glaciées et les n° 3 aux régions non glaciées? Je l'ignore.

Je suppose que le *gravier des vallées* veut dire *gravier du fond* des vallées, car il ne peut être question ici que de celui-ci.

De toute façon, en Belgique, dans le Bassin de Paris, où l'on n'est pas en région glaciée, il n'y a pas de distinction à faire. Nous ne sommes en présence que du gravier du fond des vallées, qui, précisément, renferme, lorsque la stratigraphie et les superpositions n'ont pas été brouillées par les ravinements et par les brassages, l'industrie chelléenne associée au Mammouth.

Toutefois, il est encore une distinction très importante à faire.

Il y a deux graviers du fond des vallées. Il y a le gravier qui recouvre directement la terrasse inférieure, mais qui ne s'enfoncé pas plus profondément. Ce gravier est celui de base du Moséen. Il est donc interglaciaire.

Il y a ensuite celui qui recouvre les dépôts moséens étendus sur le premier gravier et qui, lui, plongé sous les alluvions modernes des cours d'eau et se développe largement dans le fond maximum du creusement.

C'est ce dernier qui constitue le gravier *campinien*, et c'est lui qui renferme à la fois le Mammouth et l'industrie chelléenne.

On voit donc que dans l'échelle des terrains anglais, les couches n° 2 et celles n° 3 font probablement double emploi, et toutes deux viennent se placer au sommet du second Glaciaire, le grand cailloutis du fond des vallées (n° 5) correspondant à la fin de l'avancement des glaces du deuxième Glaciaire, tandis que le cailloutis n° 2, supérieur au *Contorted drift*, représente la phase finale, les dépôts effectués au moment critique où la calotte de glace est devenue stationnaire et a commencé à subir les tout premiers effets du changement de climat.

Il ne nous reste plus, dans le post-glaciaire anglais, que le terme n° 4 : limons des hauts et des bas niveaux, et ici l'accord redevient complet.

C'est bien au moment où les masses de glace du second Glaciaire quaternaire, accumulées sur les Alpes et les Vosges, subissent décidément l'influence du changement de climat et fondent rapidement, que commence réellement le Post-glaciaire.

Or, comme nous pensons, avec M. le Dr Wahnschaffe, géologue spécialiste pour les terrains quaternaires, à Berlin, que le résultat de cette fonte est une accumulation d'eau énorme, retenue par le front de la calotte septentrionale en retraite, qui occupait l'emplacement de la mer du Nord, accumulation qui a amené le dépôt du *laess fluvial* (1) allemand, du limon hesbayen belge et français et du loam ou brickearth anglais; c'est avec ce dépôt si homogène et si caractéristique que doit commencer le Post-glaciaire.

Le *loam* anglais est donc le seul vrai dépôt post-glaciaire qui soit signalé; personnellement, je n'en connais pas d'autre.

Il n'est pas douteux qu'il en existe, probablement plus ou moins localisés, souvent confondus avec les dépôts modernes.

Je ne m'attends pas, par exemple, à voir signaler en Angleterre un équivalent du limon éolien brabantien; mais il est hautement probable qu'il y existe des tourbes contemporaines de notre tourbe brabantienne des Flandres.

De même, il doit exister, de l'autre côté du détroit, des couches marines et d'eau douce, d'âge flandrien; les premières doivent se trouver le long du rivage, sous les couches littorales récentes, dans une position analogue à celle que nous constatons sous la Plaine maritime.

Il n'est pas douteux pour moi que ces couches existent et sont

(1) L'avis à peu près général des géologues allemands étudiant le *laess* est que cette masse limoneuse se sépare plus ou moins nettement en deux parties superposées : l'une inférieure, stratifiée, d'origine fluviale; l'autre supérieure, homogène, d'origine éolienne. La masse inférieure est notre *Hesbayen*; la supérieure est notre *Brabantien*.

connues; seulement, on n'a sans doute pas pu encore en déterminer nettement l'âge.

Je compte donc que les géologues anglais combleront les vides restés en regard des couches brabantiennes et flandriennes, dans le tableau final ci-annexé.

Enfin, j'ajouterai, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, que je ne suis pas plus partisan du Post-glaciaire que des Interglaciaires.

Dans mon travail sur la comparaison des couches du Quaternaire de Belgique au Glaciaire de l'Europe centrale, j'ai proposé de supprimer ces termes et d'adopter la subdivision du Quaternaire ou Pleistocène en quatre époques glaciaires, renfermant chacune une phase d'avancement des glaces et une phase de retrait.

Cette manière de faire supprime les interprétations diverses qu'ont eu à subir les termes Préglaciaire, Interglaciaire et Post-glaciaire.

L'emploi de ces noms par des géologues qui leur donnaient des sens différents a beaucoup contribué à entretenir l'obscurité et le défaut d'entente dans la question glaciaire.

TERRAINS MODERNES. — RECENT BEDS.

Terrains modernes de la Belgique.

Je crois être le premier géologue belge ayant porté une attention soutenue, appuyée par des centaines de sondages, sur les terrains modernes de la Belgique et qui en ait tiré une échelle stratigraphique satisfaisante.

Au point de vue des terrains modernes, notre pays peut se subdiviser en régions naturelles sur lesquelles les phénomènes actuels agissent de manière à produire des résultats différents.

On peut distinguer, en effet :

- 1° La région littorale;
- 2° La région sublittorale, appelée aussi Plaine maritime;
- 3° La Basse-Belgique, comprenant les Flandres et la Campine;
- 4° Le fond des vallées actuelles;
- 5° La région moyenne à recouvrement quaternaire limoneux;
- 6° La région haute à affleurements primaires directs.

Examinons les dépôts modernes qui se forment, depuis la fin des temps quaternaires jusqu'à nos jours, dans ces différentes régions.

Et d'abord, précisons les mots : fin des temps quaternaires.

A mon avis, pour ce qui concerne le bassin anglo-franco-belge, la fin des temps quaternaires peut être établie d'une façon précise.

Cette fin des temps quaternaires concorde exactement avec la fin du mouvement de soulèvement du sol qui a chassé la mer flandrienne vers les limites approximatives de la mer du Nord actuelle et de la Manche.

Ce mouvement de soulèvement, pour la Belgique, s'est produit comme si le pays s'était mù autour d'une charnière disposée O.-S.-O.—E.-N.-E. et passant au Nord d'Anvers, cette charnière ayant elle-même fléchi à la traversée de la région d'Anvers.

Pour ce qui nous occupe, ce détail peut être négligé, et il n'en est pas moins certain que tout le territoire situé au Sud de la charnière s'est soulevé proportionnellement à la distance de chaque point considéré à la charnière.

Ostende étant situé à proximité de cette charnière et le sol n'y ayant guère bougé, on peut compter que les environs de Roulers, situés à 55 kilomètres d'Ostende, se sont soulevés de 50 mètres.

Dès lors, à Namur, situé à plus de 160 kilomètres d'Ostende, le sol s'est soulevé de 115 mètres, et à Marche, à 190 kilomètres d'Ostende, le sol s'est élevé de 155 mètres environ.

On voit donc combien ce mouvement a été important et l'on comprend aussi de quelle manière se fausse le raisonnement lorsqu'on prend pour base les cotes actuelles du sol pour discuter les questions relatives au Quaternaire et surtout celles relatives au limon hesbayen où la notion des altitudes est si importante.

En effet, toute la vaste région de la Belgique couverte par le limon hesbayen avait déjà reçu depuis longtemps son manteau limoneux, lorsque le mouvement de soulèvement de la fin du Flandrien s'est produit; de sorte que des points situés primitivement à la même altitude ont pu être soulevés, les uns de 50 mètres, alors que d'autres pouvaient être soulevés à 100 et même à 150 mètres.

Les dépôts flandriens, surtout ceux des facies continentaux, ont donc été soulevés eux-mêmes dans semblable proportion.

Quoi qu'il en soit, nous constatons que les dépôts flandriens, tant d'origine marine que d'origine fluviale, se terminent au sommet par une zone sensiblement plus argileuse que la masse des sédiments accumulés pendant la première phase.

A la partie supérieure du sable marin flandrien, meuble, se développent des lentilles limoneuses qui, vers la frontière française, se soudent en une couche de limon argileux homogène.

De même, à la partie supérieure de l'*ergeron*, s'étend la *terre à briques*, dure et argileuse.

Ainsi qu'on peut en juger, le sommet du Flandrien est toujours nettement indiqué, et nous verrons plus tard que la base des terrains modernes l'est mieux encore, si possible.

Ces points établis, reprenons les divers facies des terrains modernes en Belgique.

1^o Région littorale.

Depuis la frontière française jusqu'à la frontière hollandaise, le littoral proprement dit comprend, vers la mer, une plage sableuse plus ou moins large, suivant l'inclinaison de l'estran, et vers la terre, une chaîne de dunes.

La plage est formée principalement de sable jaunâtre, pur, meuble, renfermant, en quantité variable, des coquilles de mollusques, des carapaces de crustacés et d'autres organismes marins, le tout entier ou trituré. A ces éléments organiques s'ajoutent quelques matériaux pierreux, dont le plus important est le grès vert panisélien, parfois fossilifère, avec coquilles silicifiées et notamment d'énormes quantités de *Cardita planicosta*. Ces grès paniséliens commencent à apparaître vers Ostende, et leur nombre va toujours en croissant à mesure qu'on se dirige vers Blankenberghe, puis vers Heyst. Entre Heyst et Knocke, le nombre en augmente encore jusqu'un peu passé Knocke, où il diminue assez rapidement pour se réduire à presque rien.

En certains points, vers Wenduine, Heyst-Écluses et Knocke, les grès paniséliens existent parfois en telle abondance, que la plage en est réellement jonchée.

A ces grès verts, plus ou moins roulés, s'ajoutent des cailloux de silex, les uns à l'état de galets, les autres brisés ou offrant des facettes émoussées par le roulage. Parmi ces derniers silex, on remarque qu'il en est de nettement utilisés par l'homme et appartenant aux industries primitives ou éolithiques. Ces silex proviennent des dépôts quaternaires anciens ou pliocènes supérieurs couronnant les falaises crayeuses du Boulonnais.

D'autres de ces silex, beaucoup plus rares, indiquent l'industrie néolithique. Ils sont généralement remaniés des dépôts tourbeux sous-jacents.

Enfin, vers La Panne, Mariakerke et Heyst-Écluses, de très nombreux tessons de poteries anciennes, allant du Néolithique au moyen âge, jalonnent le cordon littoral. Ces poteries néolithiques, gauloises, belgo-romaines et du haut moyen âge sont également remaniées des dépôts sous-jacents.

L'épaisseur du sable de la plage est très variable. Selon l'état de la mer, elle peut aller de quelques centimètres à 3 ou 4 mètres.

Ce sable repose, presque partout, sur une série d'autres dépôts modernes, plus anciens, que nous énumérerons lorsque nous parlerons des terrains modernes de la Plaine maritime.

Vers l'intérieur des terres, le littoral est bordé par une chaîne de dunes typiques, formées de sable de la plage, soufflé par le vent et accumulé en monticules ayant une quinzaine de mètres de hauteur moyenne.

La largeur de cette chaîne est également très variable.

A la frontière française, vers La Panne, elle est de 3 kilomètres. Elle va en diminuant vers Nieuport, et de Middelkerke à Ostende, elle offre un minimum de quelques centaines de mètres.

Passé Ostende, la largeur augmente jusqu'au Coq, où elle est de plus de 4 kilomètre; mais du Coq à Wenduïne, la largeur décroît encore rapidement pour n'avoir plus, entre Wenduïne, Blankenberghe et Heyst, que le plus petit minimum. Enfin, à partir de Heyst, la largeur augmente encore jusque passé Knocke, où la ligne de dunes se diffuse, s'abaisse et se perd dans la trouée de l'ancien Zwyn, près de la frontière de Hollande.

Comme le sable de plage, les dunes reposent sur les dépôts modernes de la Plaine maritime et, dès lors, elles sont certainement postérieures au XIII^e siècle.

2° *Plaine maritime.*

Avant 1890, nous ne connaissions à peu près rien de la constitution des dépôts modernes de la Plaine maritime.

On connaissait assez mal la coupe, en quelques rares points où des travaux avaient été exécutés, mais on n'avait aucune idée de généralisation quelconque.

C'est le levé détaillé de la Carte géologique à l'échelle du $\frac{1}{20\,000}$ qui, en nécessitant plus d'un millier de sondages et la visite de toutes les excavations, briqueteries, etc., a permis de se faire une idée précise de la composition et de la répartition des dépôts modernes de la Plaine maritime.

Et d'abord, qu'est-ce que la Plaine maritime ?

Approximativement, on peut dire que c'est toute la région du pays comprise entre le littoral actuel et la courbe de niveau de 5 mètres; mais strictement, cette définition n'est pas exacte. En effet, le levé détaillé a montré que la courbe de 5 mètres délimite un espace sensi-

blement plus grand que la Plaine maritime, de sorte qu'en réalité la Plaine maritime est délimitée, de la frontière française jusque vers Bruges, par la courbe de 5 mètres, puis de Bruges jusque vers Anvers, par la courbe de 4 mètres, puis de 3 mètres, pour remonter un peu vers Anvers.

Telle est la Plaine maritime actuelle, mais tout démontre que cette région basse a été primitivement beaucoup plus étendue qu'elle ne l'est actuellement et qu'elle a pu s'étendre, au large du rivage de nos jours, sur 1 à 3 kilomètres, au moins.

En effet, les dépôts modernes de la Plaine maritime passent sous les dunes et sous les sables de la plage pour s'étendre assez loin vers le large, le contour de cette extension n'ayant pu être tracé faute de données.

Voici ce que la multitude d'observations faites a permis d'établir :

A. *Tourbe*. — Si les zones grises limoneuses d'une part et la terre à briques de l'autre indiquent parfaitement la fin du Flandrien, c'est-à-dire du Quaternaire, la tourbe indique partout, dans la Plaine maritime et en beaucoup d'autres points, la base des dépôts modernes.

Au commencement de mes recherches dans la Plaine maritime, j'avais cru constater l'existence de couches d'alluvions vaseuses entre le Flandrien et la tourbe et, dans la légende de la Carte géologique, j'avais proposé pour ces alluvions la notation *alr1*.

Mais, depuis, j'ai reconnu que ces couches grises, vaseuses, imprégnées d'eau, ne sont précisément que le sommet limoneux du Flandrien marin; que vers le bas, elles alternent avec le sable flandrien, de manière à former un tout avec celui-ci.

Je puis donc maintenant, en toute sécurité, proposer la suppression du terme *alr1*, de sorte que c'est bien par la tourbe que les dépôts modernes commencent.

L'épaisseur moyenne de cette tourbe est comprise entre 1 à 2 mètres, mais cette épaisseur peut atteindre parfois 3 à 4 mètres et même, très exceptionnellement, 6 à 7 mètres.

Cette tourbe, noire, brun foncé ou rougeâtre, est généralement très pure, formée uniquement de débris végétaux de la flore spéciale des tourbières, avec racines en place et souches de troncs d'arbres, ou avec grands arbres, plus ou moins nombreux, renversés.

Non seulement la tourbe s'étend sous toute la Plaine maritime actuelle, — sauf certaines dépressions comme les Moeres, qui sont toujours restées en relation avec la mer, — mais elle s'étend largement sous les dunes et la plage, sans qu'on ait pu la limiter du côté du large.

Ce fait indique que la mer flandrienne, lors de son retrait, s'était retirée sensiblement plus loin que le rivage actuel.

Le Sud de la mer du Nord était donc bordé, au commencement de l'époque moderne, par une large étendue de terres très basses, vaseuses, très humides, marécageuses, avec grands bouquets d'arbres, terres protégées probablement contre les hautes marées par une faible ligne de dunes depuis longtemps disparues.

Cet état de choses a duré très longtemps, car, la tourbe s'étant accumulée directement à la surface du Flandrien, nous la voyons cesser de se former vers la fin du III^e siècle de notre ère.

La tourbe s'est donc formée d'une manière continue au travers de toute l'époque néolithique, de l'origine des métaux (bronze et fer), de l'occupation gauloise et de toute la période belgo-romaine.

Tout ce qui vient d'être dit est prouvé de la manière la plus précise par les très nombreuses découvertes archéologiques qui ont été faites tant dans la Plaine maritime belge que dans son prolongement français.

Toute cette large bordure marécageuse a donc été habitée à toutes les périodes citées ci-dessus, même dans sa partie actuellement submergée, car les flots rejettent continuellement sur la plage des débris de poteries et autres objets arrachés à la couche de tourbe actuellement sous-marine.

Étant donné que ce sont les trente derniers centimètres de la tourbe qui renferment tous les restes belgo-romains recueillis et que les monnaies et médailles que l'on rencontre vont de Jules César à l'empereur Posthume inclus, on peut conclure que ces derniers centimètres se sont déposés en 500 ans, d'où, en tablant sur les épaisseurs maxima, on en arrive à 7 à 8,000 ans pour la durée de formation de la tourbe, ce qui place la fin des temps quaternaires à 9 à 10,000 ans de l'époque où nous vivons.

On remarquera que cette donnée concorde très bien avec les évaluations tirées de la préhistoire.

B. *Alluvion marine inférieure*. — La tourbe est partout immédiatement surmontée de l'alluvion marine inférieure, présentant deux facies : l'un très répandu, consistant en une infinité de minces strates régulières de sable gris, très fin et d'argile grise; l'autre localisé dans le golfe de Loo, composé de sable blanc jaunâtre, meuble, fin.

Les deux facies sont très coquilliers et renferment des représentants de la faune actuelle du littoral. Le facies local sableux renferme une beaucoup plus grande variété d'espèces que le facies ordinaire. En

revanche, celui-ci est spécialement caractérisé par l'abondance de *Scrobicularia plana*, bivalve. Le sommet de cette alluvion est parfois formé d'une accumulation de ces coquilles.

L'invasion marine ayant mis fin à la formation de la tourbe a été provoquée par un affaissement du sol et a dû atteindre son maximum d'étendue vers les premières années du IV^e siècle ; elle a persisté jusque vers l'an 840.

Cet envahissement marin de la Plaine maritime est démontré :

1^o Par la disparition complète de tous les noms de lieux d'origine latine ou gauloise, ceux-ci étant remplacés uniquement par des noms germaniques ;

2^o Par l'absence complète de tous débris d'origine franque ou mérovingienne sur tout le territoire de la Plaine maritime, l'occupation du sol par les envahisseurs francs n'ayant pu se produire.

C. *Argile inférieure des Polders*. — Vers l'an 840, la mer s'est lentement retirée vers le Nord-Ouest, mais la sédimentation de l'alluvion marine inférieure ne s'étant pas faite d'une manière absolument régulière, les eaux abandonnèrent les hauts fonds, mais persistèrent dans les dépressions.

Ces dépressions restaient en communication avec la mer par des chenaux qui permettaient l'entrée des eaux à marée haute. Pendant la marée basse, ces eaux, enfermées dans la dépression, abandonnaient leurs sédiments fins sous forme d'une argile grise, plastique, très dure, à laquelle j'ai donné le nom d'*argile inférieure des Polders*.

On peut admettre que cette argile s'est déposée de l'an 840 à l'an 1000.

Vers l'an 1000, toute la Plaine maritime se trouvait donc non seulement émergée, mais le rivage se trouvait reporté sensiblement au delà du rivage actuel.

Ce fait est prouvé par l'existence d'emplacements de villages vers la limite de l'extrême marée basse, notamment au large de Mariakerke et de Heyst.

En face de ces emplacements, la mer rejette le long du cordon littoral une quantité de fragments de poteries très caractéristiques du *haut moyen âge*.

D. *Alluvion marine supérieure*. — Le rivage de l'époque étant vaseux, il n'y avait pas de dunes. D'autre part, le terrain étant plat et peu élevé, les eaux marines faisaient de larges invasions à chaque tempête du N.-O. En présence de ces dangers, les habitants commencèrent à élever des digues, mais irrégulièrement et sans méthode.

A partir de l'an 1000, un nouvel affaissement du sol, ayant les Pays-Bas comme centre, se produisit et en même temps commença une terrible période de tempêtes dont l'histoire a conservé les dates.

Les habitants de la Plaine maritime se sentirent menacés et renforcèrent les digues. Mais celles-ci devenaient bientôt inefficaces par suite de l'affaissement du sol et, de temps à autre, des invasions locales se produisirent.

Ces temps troublés par une situation instable autant que dangereuse nous conduisent jusque l'an 1170, pendant lequel se produisit la catastrophe finale.

En cette année, poussées par d'effroyables tempêtes, les vagues eurent raison des digues qui leur étaient opposées et elles se précipitèrent vers l'intérieur par les nombreuses et larges brèches qui s'étaient ouvertes.

Le désastre fut énorme et les conséquences furent le fractionnement de la Zélande en îles, la submersion définitive de l'île de Schooneveld qui existait à l'emplacement de l'embouchure actuelle de l'Escaut, la disparition de la terre de Wulpen, vers Heyst, le creusement du Zwyn, la formation du Zuyderzée et le morcellement du littoral de la Frise en une longue suite d'îles.

Cette invasion marine, rapide et brutale, fit sentir ses effets pendant une centaine d'années, durant lesquelles il se déposa, sur les territoires envahis, un sable jaunâtre, assez grossier, meuble, renfermant d'abondantes coquilles de la faune marine actuelle.

Vers le haut, ce sable se charge d'une quantité de petites linéoles d'argile grise.

L'ensablement, aidé d'un faible soulèvement du sol, fit reculer la ligne des rivages, mais les tempêtes qui se reproduisaient encore rendaient toujours la situation dangereuse.

On éleva donc de nouveau des digues, mais cette fois l'autorité vint en aide à l'initiative privée, et à partir de l'an 1500, des digues sérieuses et continues, élevées à peu près à l'emplacement du littoral actuel, semblèrent devoir protéger définitivement la plaine maritime contre toute invasion marine.

E. *Argile supérieure des Polders*. — Il n'en fut toutefois pas ainsi. En effet, à partir de l'an 1500, des guerres continuelles désolèrent la région. Les Espagnols, les Hollandais, les Anglais et les Français vinrent vider leurs querelles sur ces terres déjà si éprouvées, et les places fortes, pour se couvrir, inondèrent largement leurs approches en perçant les digues et les dunes en formation.

D'énormes nappes d'eaux stagnantes s'étendirent ainsi de tous côtés, alimentées à la fois par la mer et par les watergangs ou canaux de drainage des eaux douces, et il se déposa dans les dépressions une nouvelle couche d'argile grise, fine, plastique, ressemblant beaucoup à celle qui s'était déjà déposée naturellement de l'an 840 à l'an 1000, mais dont la faune est saumâtre, indiquant ainsi l'origine mixte.

Cette argile supérieure des Polders termine la série des dépôts modernes de la Plaine maritime.

3° Basse-Belgique.

La Basse-Belgique comprend les deux Flandres et la majeure partie des provinces d'Anvers et de Limbourg. Cette région située au Nord des deux provinces a reçu le nom de Campine.

La Basse-Belgique correspond, en réalité, au territoire envahi par la mer flandrienne.

C'est donc un ancien fond de mer émergé, et ce fond de mer est constitué par les dépôts marins du Flandrien.

Comme on le sait, ces dépôts sont surtout sableux, avec recouvrement plus ou moins argileux. C'est principalement la région longeant le littoral et les bouches de l'Escaut, c'est-à-dire le Nord des Flandres et le Pays de Waes, qui présente le maximum de recouvrement argileux. Au Sud de cette zone, le sable marin pur affleure directement sur de vastes surfaces.

Pendant l'époque moderne, deux actions se sont passées sur les plaines; l'une, principale, est une action éolienne, l'autre est une action chimique.

L'action éolienne, s'exerçant à la surface des sables flandriens meubles, a provoqué la formation de dunes, comme sur le littoral.

Ces dunes de la Flandre et de la Campine sont bien connues; elles ont été délimitées et figurées sur la Carte géologique et elles forment parfois des monticules irréguliers assez importants, en tout semblables, comme formation et composition, aux dunes du littoral.

L'action chimique provoque, à une cinquantaine de centimètres sous la surface du sable flandrien, la formation d'un banc ferrugineux qui, englobant les grains de sable, transforme celui-ci en grès ferrugineux assez dur et continu sur 0^m,10 à 0^m,20 d'épaisseur.

L'oxyde de fer provient de la décomposition de la glauconie mêlée au sable flandrien, et le banc ferrugineux, qui a reçu le nom d'*alios*, se forme généralement à la limite des fluctuations de la nappe aquifère renfermée dans les sables.

Cet alios est extrêmement nuisible à la végétation, surtout quand il est question de plantations de bois de sapins, culture très répandue dans la Basse-Belgique à sol sableux. Lorsque les racines atteignent le banc durci, l'arbre dépérit et meurt.

Avant d'effectuer les plantations, il faut donc défoncer à grands frais le banc d'alios.

Enfin, localement, dans les dépressions de la région sableuse, la nappe aquifère affleure directement et il se forme ainsi des étangs, des mares et des marécages dans lesquels croît la végétation des tourbières. De la tourbe tout à fait actuelle se forme ainsi, qui ne doit pas être confondue avec la tourbe du commencement de l'époque moderne.

4° Fond des vallées actuelles.

Au point de vue des terrains modernes, le fond des vallées actuelles représente une aire importante d'accumulation de dépôts modernes.

Il y a immédiatement lieu de distinguer les vallées de la Basse et de la Moyenne-Belgique de celles de la Haute-Belgique.

J'ai pratiqué, dans le fond des vallées du premier groupe, des centaines de sondages qui m'ont fourni des résultats très concordants.

Les alluvions modernes de ces vallées sont absolument localisées dans la surface plate qui constitue le fond actuel des vallées. Elles ne s'élèvent pas le long des berges.

Les rivières coulent dans des sillons plus ou moins profonds creusés au travers de leurs propres alluvions.

Très régulièrement, les alluvions des cours d'eau de la Basse et de la Moyenne-Belgique sont constituées de deux éléments : un inférieur, qui est la tourbe ; un supérieur, formé de sable et d'argile.

La tourbe de ces vallées — des quantités de sondages et d'observations me l'ont démontré — est l'exact prolongement de la tourbe ancienne de la Plaine maritime.

Le fait admet plusieurs preuves concordantes.

En effet, lorsque, partant d'un point situé dans la Plaine maritime, donnant la tourbe sous les alluvions marines plus récentes, et que l'on entre dans la vallée d'un cours d'eau coulant en dehors de la Plaine maritime, on est certain, en faisant des sondages le long de la vallée, de continuer à trouver la tourbe, sous les alluvions argilo-sableuses, sur toute la largeur de la vallée.

Si l'on remonte jusqu'à la source, on y rencontre un grand épanouissement de tourbe dans la dépression.

De même, si l'on se rend dans quantité d'autres vallées, comme celles de la Lys, de la Mandel, de la Vieille-Caele, de l'Escaut, de la Dendre, de la Senne, de la Haine, on rencontre inévitablement la tourbe sur environ 1 mètre d'épaisseur, sa base se trouvant de 3 à 5 mètres sous la surface de la plaine d'alluvions.

Partout où des observations ont été faites, la tourbe du fond des vallées ne repose jamais sur des couches pouvant encore être rapportées au terrain moderne.

Elle repose soit sur le limon hesbayen, soit sur les dépôts campiniens du Quaternaire, soit sur les dépôts tertiaires ou secondaires.

D'autre part, les mêmes découvertes archéologiques se font dans la tourbe des vallées que dans celle de la Plaine maritime.

Des trouvailles de haches polies néolithiques, parfois emmanchées dans des gaines en corne de cerf, des découvertes de poteries, d'idoles et de monnaies gauloises et de débris gallo-romains, le tout bien constaté, y ont été faites à maintes reprises.

On peut donc dire que la première partie de l'époque moderne, comprenant en réalité les quatre cinquièmes de la durée, a été caractérisée par un climat et des conditions spéciales, dont l'une des principales résultantes a été la formation d'une étendue considérable de tourbières, non seulement dans la Plaine maritime, mais dans les vallées et à leur source. C'est véritablement la grande époque des tourbières.

Quant aux 2 à 3 mètres d'alluvions proprement dites surmontant la tourbe, elles ont été déposées pendant les seize cents ans qui ont suivi la fin de l'époque des tourbières, datant du commencement du IV^e siècle de notre ère.

J'ai cherché à voir si l'on ne pouvait trouver dans l'alluvion proprement dite des subdivisions analogues à celles, si nettes, constatées dans la Plaine maritime, mais je n'ai rien pu distinguer.

L'alluvion supérieure à la tourbe est presque toujours constituée, vers le milieu de la plaine d'alluvions, par du sable gris-bleu, assez pur, à stratification irrégulière, surmonté d'un limon gris-bleu foncé, panaché au sommet, souvent argileux et plastique.

Vers les bords de la vallée, la proportion de sable pur diminue et la tourbe n'est alors recouverte que de sable argileux devenant de plus en plus plastique au sommet, au point de passer à l'argile pure, parfois comparable, comme finesse, à l'argile des Polders.

C'est donc là ce qui se passe dans les vallées de la Basse et de la Moyenne-Belgique, à cours d'eau lents et tranquilles.

Dans le fond des vallées de la Haute-Belgique, dont la Meuse, la Lesse, l'Ourthe, la Vesdre sont les principaux représentants, la présence des alluvions modernes — contrairement à ce que tout le monde croit généralement — est très difficile à saisir.

Dans ces vallées, comme dans les précédentes, j'ai cherché par des sondages à me rendre compte de ce qui se passe, et je dois avouer que ce n'est que très rarement, et dans des cas exceptionnels, que j'ai rencontré des alluvions modernes caractérisées et incontestables.

Les cours d'eau paraissent serpenter également au travers d'un fond plat alluvial, mais en réalité ce fond n'est pas horizontal comme l'est celui des vallées de la Basse et de la Moyenne-Belgique; il monte plus ou moins sensiblement des deux côtés des bords du cours d'eau, et les sondages pratiqués sur ces étendues m'ont donné soit du limon hesbayen, soit les cailloutis campiniens, soit la superposition des deux.

Je n'ai rencontré de véritables alluvions modernes, sableuses et glaiseuses, que le long d'anciens bras abandonnés de la rivière, là où les eaux ont coulé avec plus de lenteur.

J'ai notamment trouvé de l'alluvion moderne argilo-sableuse, gris-bleu, bien développée, des deux côtés du ruisseau tranquille coulant dans l'ancienne boucle de la Meuse à Profondeville, qui contournait l'île du bois de Hulle.

Ces alluvions renferment aussi des débris végétaux, mais pas de tourbe.

Certaines îles se trouvant dans le cours du lit actuel des rivières sont également couvertes d'alluvions modernes.

Cette absence presque générale d'alluvions modernes dans le fond des vallées de la Haute-Belgique tient sans doute à deux causes :

1° Ces rivières ont toujours eu un cours assez rapide dans leur vallée encaissée, de sorte qu'il n'a guère pu se déposer que des alluvions sableuses ou sablo-limoneuses, faciles à délayer et à entraîner;

2° L'étude des dépôts de la Plaine maritime a démontré l'existence, pendant la deuxième partie — la plus récente — de l'époque moderne, de faibles mouvements du sol ayant sans doute eu une amplitude un peu plus grande à une certaine distance du littoral.

Dans toutes les vallées de la Basse et de la Moyenne-Belgique, nous avons constaté que tous les cours d'eau coulent au fond d'un lit creusé plus ou moins à pic dans leurs propres alluvions modernes.

Ce fait est également l'indice d'un léger soulèvement du sol, — qui s'est produit vers le XV^e siècle, lorsque la mer ayant déposé l'alluvion marine supérieure s'est retirée, — soulèvement qui a accru suffisamment

la vitesse des eaux pour leur permettre de reprendre une allure érosive et de se creuser un lit au travers de leurs propres alluvions.

Le même phénomène a dû se passer — un peu plus vivement — dans les vallées de la Haute-Belgique, où les eaux, encaissées, animées d'une vitesse admettant l'érosion, ont pu remettre en suspension et charrier à la mer la majeure partie des alluvions modernes sableuses ou sablo-limoneuses précédemment déposées.

De cette manière, les îles actuelles représentent le fond de l'ancien lit, ce sont des témoins des alluvions modernes d'avant le XV^e siècle, le petit creusement effectué depuis lors les ayant épargnées.

Ces constatations expliquent donc pourquoi les cours d'eau de la Haute-Belgique coulent, de nos jours, directement sur les alluvions quaternaires : limon hesbayen ou cailloutis campinien.

Comme dépôt moderne des vallées, il faut ajouter les *tufs calcaires*.

On en rencontre des amas considérables au débouché de cours d'eau sortant de sources très chargées de calcaire. Ces tufs sont blanchâtres, caverneux et renferment de nombreuses empreintes de feuilles et de coquilles de mollusques terrestres.

La vallée de la Meuse — à Marche-les-Dames, notamment — montre de beaux amas de ces tufs.

Il en existe aussi dans quelques petites vallées de la Moyenne-Belgique au débouché de sources sortant de la craie blanche.

5° Région moyenne à recouvrement quaternaire limoneux épais.

Cette région appartient plus spécialement à la Moyenne-Belgique.

Nous avons vu ce qui s'y passe au fond des vallées; nous n'avons plus qu'à étudier ce qui s'y passe sur les plateaux et sur les versants.

Sur les plateaux, il ne se produit guère qu'un phénomène chimique.

Les eaux de pluie chargées d'acide carbonique et d'air s'infiltrant lentement par capillarité dans la masse limoneuse hesbayenne, brabantine ou flandrienne (ergeron). Ces limons étant calcareux, le calcaire se dissout dans l'eau en passant à l'état de bicarbonate, tandis que l'oxygène de l'air oxyde les composés ferreux.

Dans leur mouvement descendant, les eaux chargées de bicarbonate de chaux rencontrent de nouvelles quantités de carbonate de chaux qui ne peuvent plus être dissoutes, et sous cette influence, il y a décomposition du bicarbonate formé vers le haut et précipitation du carbonate simple reconstitué.

Ce carbonate s'accumule alors dans le niveau de la masse limoneuse

où s'opère la transformation, sous deux formes : l'une, bien connue, consistant en nodules tuberculeux, plus ou moins caverneux, durs, qu'à l'exemple de M. le Prof^r J. Gosselet nous appelons « poupées » ; l'autre, moins connue, mais tout aussi répandue, consistant en petits amas filiformes ou vermiculés, d'un blanc éclatant, serrés dans la masse limoneuse.

Par suite de cette altération, la surface des limons hesbayen et brabantien se transforme en une couche oxydée, non calcaire, dont la plasticité s'est augmentée en raison de la disparition du calcaire pulvérulent et qui a reçu le nom de terre à briques.

Il ne faut naturellement pas confondre cette terre à briques d'altération avec la terre à briques naturelle qui recouvre l'ergeron.

Pour ce qui concerne les versants, le phénomène est tout différent.

Les pluies, dans nos régions, sont presque toujours apportées par les vents, souvent violents, du Sud-Ouest.

Par les vents forts, la pluie est chassée obliquement et elle tombe avec violence et à peu près normalement sur les versants tournés vers le Sud-Ouest, tandis qu'elle tombe plus ou moins obliquement sur les versants Nord et Nord-Est.

La violence de la pluie et son abondance occasionnent sur les versants dirigés vers le Sud-Ouest un délavage des surfaces limoneuses, avec mise en suspension des éléments dans les eaux de ruissellement et charriage le long des pentes.

Si les pentes sont rapides jusqu'au fond de la vallée, le charriage est complet et tous les éléments du limon mis en suspension sont emportés à la rivière.

Dès lors, les versants limoneux se dénudent peu à peu jusqu'à mettre directement à nu les couches sous-jacentes.

Mais, souvent, les pentes, assez rapides vers le haut, diminuent ou s'adoucissent sensiblement vers le bas, de façon que la vitesse des eaux de ruissellement se trouve fortement réduite.

Dans ce cas, il y a dissociation des éléments du limon : les particules les plus ténues et par conséquent les plus argileuses vont seules à la rivière, tandis que les autres éléments, formés généralement de sable siliceux, se déposent sur la pente dès que la vitesse de l'eau est insuffisante pour les entraîner.

Il se forme donc ainsi ordinairement, vers le bas des pentes, des amas ou trainées d'alluvions plus sableuses que le limon, d'aspect hétérogène et renfermant, épars, des matériaux étrangers, tels que cailloux, fragments de briques, débris végétaux, etc.

Ce dépôt, qui peut parfois atteindre plusieurs mètres d'épaisseur, a reçu le nom d'alluvion des pentes, dépôt des pentes, limon de lavage, etc.

Sur les versants dirigés vers le Nord et le Nord-Est, la pluie ne parvient guère à mettre les éléments du limon en suspension.

Les pluies ruissellent simplement, entraînant un minimum de sédiments. Les limons de lavage sont donc peu développés de ces côtés.

Sur le versant Sud, ils sont naturellement assez développés, tandis qu'ils le sont beaucoup moins sur les versants Sud-Est.

6° Région haute à affleurements primaires directs.

Ici encore il y a à étudier séparément ce qui se passe sur les plateaux et sur les pentes.

Sur les plateaux, les roches en affleurement sont soumises à toutes les intempéries et les têtes de bancs se subdivisent en fragments qui se subdivisent à leur tour et se désagrègent.

Si la roche est siliceuse, il reste une sorte de cailloutis mêlé de sable, qui recouvre la roche non altérée sous-jacente et qui a reçu le nom de *terrain détritique*.

Si la roche est calcaire, ce calcaire se dissout et il ne reste alors de non dissoutes que les impuretés, souvent argileuses, qui forment, au-dessus du calcaire non altéré, un enduit protecteur, rougeâtre, plus ou moins épais. En Belgique, on l'appelle *argile d'altération* ou *résidu d'altération*.

Si le calcaire est pur, le résidu est faible et excessivement fin ; il se dépose alors dans les fissures sous forme d'*argile lithomarge*.

Sur les plateaux, le détritique n'est guère soumis à l'action de déplacement par charriage ; aussi reste-t-il en place et permet-il souvent de reconnaître la roche formant le sous-sol.

Sur les versants, au contraire, le détritique est soumis à l'action directe et souvent violente des eaux de ruissellement ; aussi, d'une part, les têtes de bancs se dénudent et offrent ainsi de nouvelles surfaces à l'attaque des phénomènes atmosphériques, tandis que dans les ravins, il s'accumule des matériaux pierreux et sableux provenant du détritique délavé et remanié.

Enfin, au bas des roches mises à nu, il se forme des cônes d'éboulis.

L'ensemble des éboulis et du détritique remanié a reçu le nom d'*éboulis des pentes*.

Signalons, enfin, que sur les grands et hauts plateaux à sous-sol

rocheux, entièrement siliceux ou schisteux, peu fissuré, les eaux de pluie s'accumulent dans les dépressions. Bientôt une végétation spéciale envahit ces mares, s'étend aux alentours et transforme le plateau en une suite d'immenses marécages où il s'accumule de la tourbe à l'état de croissance encore actuelle.

Les marécages tourbeux ainsi formés ont reçu, en Belgique, le nom de *Fagnes*.

Telle est la série des dépôts modernes de notre pays.

COMPARAISON DES COUCHES BELGES AVEC LES COUCHES CORRESPONDANTES
DU SUD-EST DE L'ANGLETERRE ET TABLEAU RÉSUMANT CETTE COMPARAISON.

J'ai déjà eu l'occasion, en divers points de ce travail, d'indiquer certaines corrélations qui s'imposent ; nous allons voir comment on peut harmoniser l'ensemble.

Corrélation des couches pliocènes.

Pour ce qui concerne le Pliocène inférieur et le Pliocène moyen, je n'ai émis aucune proposition. J'ai simplement exposé l'état actuel de la question, avec les quelques divergences non encore aplanies.

MM. Clement Reid et le Dr F.-W. Harmer, d'une part, MM. E. Van den Broeck et le baron O. van Ertborn, d'autre part, ont traité longuement ces importantes questions, et l'accord finira certainement par s'établir.

Le tableau ci-après rend compte de la manière de voir des géologues belges.

Pour ce qui concerne le Pliocène supérieur, nous n'avions jusqu'ici rien à mettre en parallèle avec les couches anglaises bien connues dans le détail.

Mes recherches m'ont amené à synchroniser, avec les couches anglaises, diverses phases de la période initiale du creusement de nos vallées, accompagnées soit d'érosions, soit de dépôts.

Ce que j'ai déjà dit ci-dessus à ce sujet et les inscriptions que l'on trouvera au tableau final hors texte me dispenseront de m'étendre plus longuement sur cette question.

Corrélation des couches quaternaires.

Une idée directrice bien nette permet de s'orienter immédiatement dans le dédale apparent du synchronisme.

Mon précédent travail sur la comparaison des couches du Quaternaire de Belgique avec le Glaciaire de l'Europe centrale a, du reste, posé également quelques jalons importants en vue de la solution du problème.

La comparaison que nous avons à faire en ce moment n'est, en réalité, qu'une application directe des principes déjà proposés.

En effet, pour ce qui concerne le Sud-Est de l'Angleterre, nous sommes en présence de couches rapportables aux invasions glaciaires.

Comme idée directrice, nous placerons donc en regard des *phases d'avancement des glaces* des périodes glaciaires, les moraines frontales ou les moraines de fond avec blocs striés et boues glaciaires, en un mot, les *Boulder clay*; et aussitôt cette concordance établie, tout s'éclaire.

Le grand Interglaciaire anglais, compris entre le premier et le deuxième avancement des glaces quaternaires, vient alors se placer naturellement en regard de nos couches moséennes, soit fluvio-marines de la Campine, soit fluviales des vallées, et cette concordance entraîne aussi immédiatement la détermination comme Interglaciaire des couches à *Corbicula fluminalis* et à faune de l'*Elephas antiquus* de la vallée de la Tamise et de ses affluents.

Le Lower Boulder-clay vient donc se placer en face de notre période d'érosion sans dépôt, par laquelle débute, chez nous, le Quaternaire.

De même, le Chalky Boulder-clay vient se ranger vis-à-vis de la phase du creusement maximum de nos vallées.

Dès lors, les quelques couches anglaises qui se reliaient au Chalky Boulder-clay, ou qui le surmontent immédiatement, doivent, à mon avis, ne plus être comprises dans le Post-glaciaire, mais bien dans notre Campinien, c'est-à-dire tout à la fin du deuxième Glaciaire.

Le Post-glaciaire — compris en n'admettant que l'existence des deux premières périodes glaciaires — commence donc, dès lors, en Belgique, en France, en Allemagne, comme en Angleterre, par le limon hesbayen, le limon moyen de M. Ladrière, le *læss fluvial* et le *Brickearth* ou *Loam*.

Mais, comme on le sait, je propose de ne plus employer le mot de Post-glaciaire, très vague, très élastique, et qui englobe des divisions qu'il y a grande utilité de détailler et de bien connaître.

C'est ce que les géologues belges ont fait pour la Belgique, où l'on reconnaît que ce prétendu Post-glaciaire vague renferme encore — à l'exclusion des terrains modernes — trois assises importantes : le Hesbayen, le Brabantien et le Flandrien.

Le Brickearth ou Loam, etc., est donc à la fois le premier terme du Post-glaciaire et, en même temps, le seul que je connaisse et que je

puisse, avec sécurité, rapporter à notre limon hesbayen et au *læss*.

En cherchant dans les travaux des auteurs anglais, je pourrais sans doute bien trouver des termes dont il a été fait mention et qui pourraient, peut-être, être assimilés soit au Brabantien, soit au Flandrien; mais ces termes ne me sont pas familiers; leur mode d'origine ne m'est pas clairement connu, de sorte qu'en proposant des synchronismes, je pourrais commettre de grossières erreurs.

Après avoir inscrit à sa place le Brickearth dans la colonne des couches anglaises, je préfère donc m'abstenir de toute autre inscription, laissant aux auteurs anglais le soin de chercher parmi les couches qu'ils connaissent si bien celles qu'il y a lieu d'inscrire au tableau et la place qui leur convient le mieux. (Voir le tableau final, hors texte.)

La partie quaternaire du tableau est donc très inégale; autant les concordances des couches inférieures me paraissent claires et justifiées, autant mes connaissances en ce qui concerne le Post-glaciaire sont insuffisantes ou inefficaces.

Corrélation des couches modernes.

Pour ce qui est des couches modernes, après avoir rempli la colonne des couches belges le mieux que j'ai pu, je me suis vu forcé de laisser complètement en blanc la colonne des couches anglaises.

Je ne doute pas, toutefois, que ce qui se passe en Belgique dans le fond des vallées et sur les pentes ne se reproduise absolument de la même manière en Angleterre.

Mais dans ces conditions, je ne pouvais placer dans la colonne anglaise que la traduction des termes que nous employons, tandis qu'il serait au contraire très intéressant d'y voir inscrits les noms anglais originaux, tels que les emploient habituellement nos confrères.

Je convie donc ceux-ci à bien vouloir placer en regard des noms belges, les noms par lesquels ils désignent eux-mêmes leurs couches modernes.

Industries humaines.

Pour beaucoup de géologues, s'occuper des industries humaines que l'on recontre, absolument comme des fossiles et, souvent, avec des fossiles, paraît encore constituer une grande nouveauté et, comme de toutes les nouveautés, ils se méfient.

Mais, d'autre part, le sujet a recommencé à intéresser vivement les préhistoriciens.

Les industries primitives ou éolithiques, dont le caractère essentiel

est l'utilisation directe du silex soit en rognons, soit en éclats de débitage par éclatement naturel, ou de débitage intentionnel, sans qu'ils aient été le moins du monde « taillés » selon des formes conventionnelles en vue d'une utilisation préconçue, ces industries primitives, disons-nous, avaient été généralement rejetées, jusque dans ces tout derniers temps, dans le domaine des illusions.

Mais il s'est trouvé, en Angleterre, en France et en Belgique, un nombre de chercheurs assez tenaces, patients et persuasifs, pour que la question des industries primitives, qui paraissait bien enterrée, revienne prendre, dans le monde scientifique, la place honorable qui lui revient.

Les nouvelles idées, déjà solidement enracinées en Angleterre, où elles sont soutenues avec vigueur par toute une nombreuse pléiade de préhistoriciens, font actuellement leur trouée sur le continent et ne tarderont pas à être adoptées par un nombre suffisant d'adeptes, pour que les retardataires se voient amenés à étudier à leur tour la question comme il convient et à en reconnaître l'importance.

De plus, quantité de préhistoriciens, en étudiant la question des éolithes, se voient dans l'obligation de reconnaître qu'il n'y a rien à faire de sérieux dans la recherche et l'étude des industries de la pierre sans le secours de la Géologie, et ils se mettent, avec entrain, à étudier cette science.

Il se produit donc, en ce moment, un mouvement d'un puissant intérêt, qu'à mon avis on ne peut trop encourager et qui mènera à des résultats magnifiques.

C'est pour cette raison que j'ai introduit, dans le tableau, une dernière colonne que je dédie à la fois aux géologues et aux préhistoriciens, et où j'introduis, exactement à la place qu'elles doivent occuper, les diverses industries humaines.

La connaissance de la place exacte de ces industries dans la série chronologique des terrains est d'autant plus importante que l'un des principaux résultats des études récentes consiste à montrer que la morphologie, que l'on croyait si capitale dans la détermination des industries anciennes, n'occupe plus qu'un rang très secondaire parmi les moyens de détermination.

C'est actuellement la Géologie qui détermine l'âge des industries, en attendant que celles-ci, par un juste retour, viennent aider puissamment le géologue dans l'établissement de la stratigraphie des couches quaternaires des régions incomplètement étudiées ou peu connues.

QUE AVEC CEI

	DÉTAIL DES PHÉ
	RÉGION M
plateaux	Lenham crag } Coralline crag }
ergeron »	
actuelles. S.	

COMPARAISON DES COUCHES PLOCIÈNES ET QUATERNAIRES DE LA BELGIQUE AVEC CELLES DU SUD-EST DE L'ANGLETERRE

GRANDES DIVISIONS.	SUBDIVISIONS.	PERIODES GLACIAIRES.	DIVISIONS EN BELGIQUE.	DÉTAIL DES PHÉNOMÈNES ET DES DÉPÔTS EN BELGIQUE.		DÉTAIL DES PHÉNOMÈNES ET DES DÉPÔTS DANS LE S.-E. DE L'ANGLETERRE.		INDUSTRIES HUMAINES DANS LE BASSIN ANGLO-FRANCO-BELGE.
				RÉGION MARINE.	RÉGION CONTINENTALE.	RÉGION MARINE.	RÉGION CONTINENTALE.	
PLIOCÈNE	Inférieur.		Diestien.	Gravier d'immersion. Sables marins à faune tempérée. Gravier d'émersion.	Sables, glaise et cailloux fluviaux des plateaux et des hautes altitudes.	Lenham crag Coralline crag	à faune tempérée.	
	Moyen.	GLACIAIRE PLOCIÈNE.	Scaldisien.	Gravier d'immersion. Sable marin à faune froide.	Érosions. Ébauche des vallées actuelles, puis dépôts fluviaux des hautes terrasses. (90 à 100 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux.)	Walton crag infér. Walton crag supér.	à faune froide.	Drift (Red clay and flints) du « Chalk Plateau » du Kent.
			Poederlien.	Gravier d'immersion. Sable marin à faune boréale.				
	Supérieur.	Phase de retrait des glaces.	ANSTELIEN de M. Harmer.		Érosions et creusement jusque 20 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux dans les vallées. Terrasse de 65 à 25 mètres. Dépôt d'un important cailloutis sur la terrasse de 65 à 25 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux.	Red crag de Newbourn et de Bulley à faune boréale. Norwich crag à faune boréale. Weybourne and Bure Valley Crag.		Argile de Chillesford.
			ICESIEN de M. Harmer.					
			CROMENTIEN de M. Harmer.					
QUATERNAIRE OU PLEISTOCÈNE.		Phase d'avancement des glaces.			Érosion et creusement jusqu'au niveau actuel des eaux dans les vallées.			Avancement des glaces. Lower Boulder clay (Till), avec argiles laminées intercalées (houes glaciaires).
		Phase de retrait des glaces.						
	Premier Glaciaire quaternaire.		Moséen.	Invasion marine du delta de la Meuse. Gravier d'immersion à ossements roulés de cétacés et à <i>Elephas antiquus</i> . Sable marin de la Campine.	Gravier fluvial inférieur de la basse terrasse. Sables fluviaux. Glaise fluviale. Argile avec lits tourbeux de la Campine. Gravier fluvial supérieur de la basse terrasse et de la terrasse de 25 mètres.	Middle glacial sand, clay and pebbles marins ou fluviaux.		Industrie reutelo-mesvinienne.
						Drift ultérieurement contourné (Contorted drift.) Couches fluviales à <i>Corbicula fluminalis</i> de la vallée de la Tamise (Erith), avec faune de l' <i>Elephas antiquus</i> .		Industrie mesvinienne
	Deuxième Glaciaire quaternaire.	Phase d'avancement des glaces.	Campinien.		Érosion jusqu'au creusement maximum des vallées (15 à 30 mètres sous le niveau actuel des eaux). Dépôt de glaise, de sable et de cailloux du fond des vallées et de la terrasse de bas niveau à faune du <i>Mammoth</i> et à industrie paléolithique. Accumulations de débris végétaux et tourbe à insectes du fond des vallées.		Avancement des glaces. Chalky Boulder clay et Cannon shot gravel. Contournement des couches précédentes par la pression du glacier en progression. Argiles laminées à végétaux arctiques Glaise et gravier à <i>Mammoth</i> et à industrie paléolithique.	Transition du Mesvinien au Chelléen Industrie chelléenne. Industrie acheuléenne
		Phase de retrait des glaces.	Hesbayen.		Grande crue de fusion des glaces. Dépôt du limon hesbayen à Helix, Pupa et Succinées.		Grande crue. — Dépôt du loam et de la Brickearth.	
	Troisième Glaciaire quaternaire ou Baltique.	Phase d'avancement des glaces.	Brabantien.		Recreusement des vallées au travers du dépôt de limon hesbayen. Transport vers l'Ouest par des vents d'Est des poussières de la surface desséchée du limon hesbayen. Tourbe en Flandre.	?	?	Industrie éburnéenne (E. Piette).
		Phase de retrait des glaces.						
	Quatrième Glaciaire quaternaire ou Écossais.	Phase d'avancement des glaces.	Flandrien.	Invasion marine. Dépôt du sable flandrien à faune marine. Glaces flottantes apportant des blocs erratiques en Campine. Retrait des eaux marines. Dépôt des zones grises limoneuses supérieures.	Crue. Dépôt du limon sableux dit « ergeron » et de la « terre à briques ».	?	?	Industrie tarandienne (E. Piette).
		Phase de retrait des glaces.						
MODERNE.					Tourbe.			INDUSTRIES MODERNES.
				Alluvion marine inférieure. Argile inférieure des Polders. Alluvion marine supérieure. Argile supérieure des Polders. Dunes du littoral.	Alluvions argilo-sableuses des rivières actuelles. Limon de lavage et éboulis des pentes. Dunes continentales, tufs calcaires. Tourbe des Fagnes.	?	?	

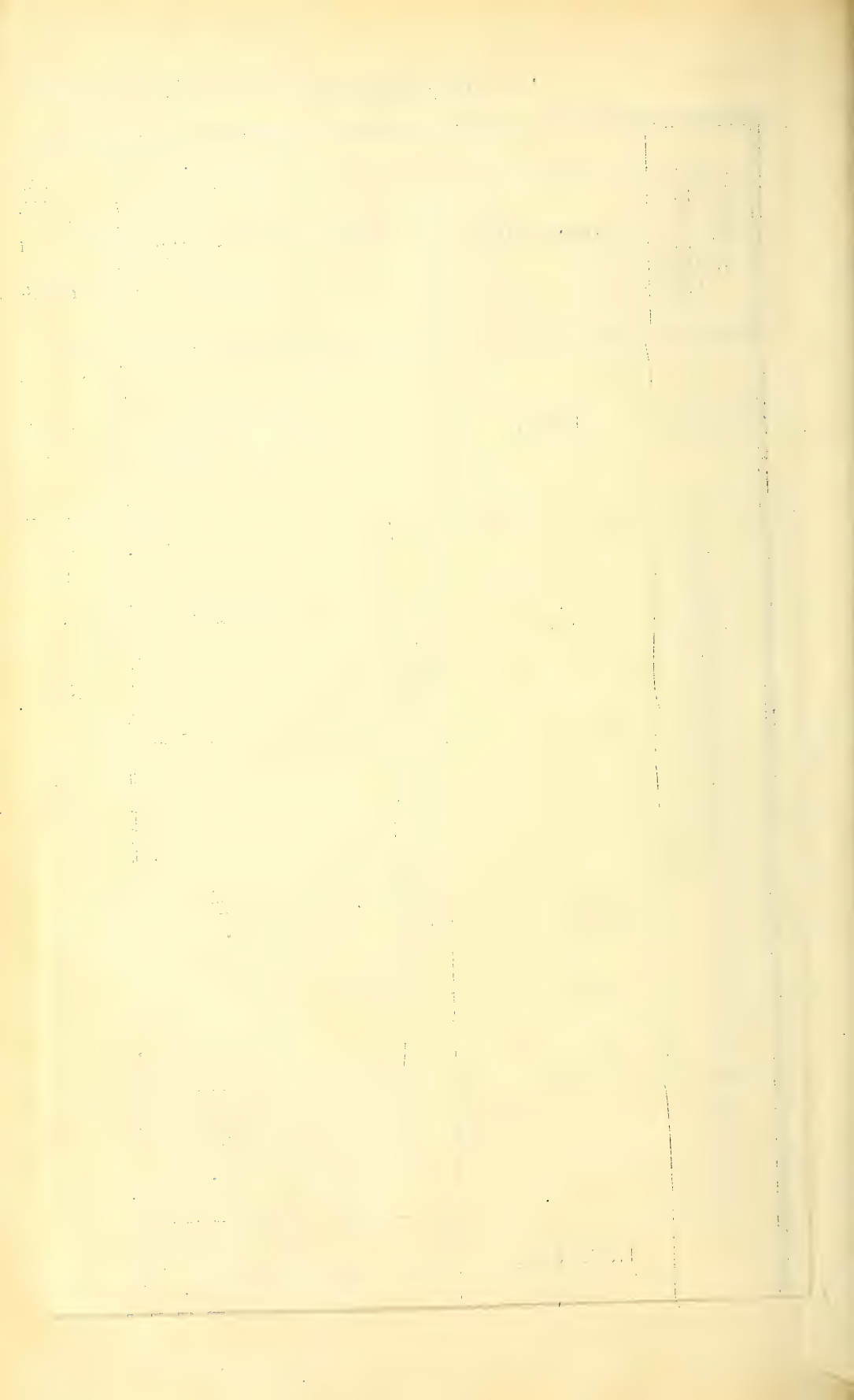


TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
INTRODUCTION	57
PLIOCÈNE	58
I. — <i>Pliocène de Belgique</i>	58
Pliocène inférieur	58
Pliocène moyen	59
Pliocène supérieur	60
II. — <i>Pliocène du Sud-Est de l'Angleterre</i>	62
Pliocène inférieur	64
Pliocène moyen	65
Pliocène supérieur	66
QUATERNAIRE OU PLEISTOCÈNE.	69
I. — <i>Quaternaire de Belgique</i>	69
II. — <i>Quaternaire du Sud-Est de l'Angleterre</i>	69
A. — Le premier glaciaire quaternaire.	71
B. — Interglaciaire.	72
C. — Le deuxième glaciaire quaternaire	74
D. — Le Post-glaciaire	77
TERRAINS MODERNES. — RECENT BEDS	82
I. — <i>Terrains modernes de la Belgique</i>	82
1 ^o Région littorale	84
2 ^o Plaine maritime.	85
3 ^o Basse Belgique	90
4 ^o Fond des vallées actuelles	91
5 ^o Région moyenne à recouvrement quaternaire limoneux épais	94
6 ^o Région haute à affleurements primaires directs.	96
COMPARAISON DES COUCHES BELGES AVEC LES COUCHES CORRESPONDANTES DU SUD-EST DE L'ANGLETERRE ET TABLEAU RÉSUMANT CETTE COMPARAISON	97
<i>Corrélation des couches pliocènes</i>	97
<i>Corrélation des couches quaternaires</i>	97
<i>Corrélation des couches modernes</i>	99
<i>Industries humaines</i>	99

(Voir le tableau hors texte accompagnant cette étude.)



RECTIFICATIONS

A

L'ÉCHELLE STRATIGRAPHIQUE

de l'Éocène belge (1)

PAR LE

Baron O. VAN ERTBORN

Les deux excursions annuelles de la Société, en 1901 et en 1902, eurent pour but de poursuivre les comparaisons nécessaires à une entente commune sur le parallélisme des deux séries géologiques française et belge.

La première excursion eut lieu sur le territoire français et sous la direction de M. Gosselet; on explora dans cette région la limite Nord du bassin tertiaire parisien. La seconde, parallèle à la première, se fit sur le territoire belge, sous la direction de MM. Rutot et F. Cornet.

Ces excursions, dont le compte rendu n'a pas encore paru, ont amené la publication d'une notice des plus intéressantes (2), due à notre savant confrère M. G. Dollfus, dont la compétence en la matière ne saurait être mise en discussion. Cette notice, compte rendu sommaire de la dernière excursion, fait faire un grand pas vers le but poursuivi.

L'auteur rappelle d'abord qu'une partie de la classification adoptée

(1) Travail présenté à la séance du 10 février 1903 de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

(2) G. DOLLFUS, ancien président de la Société géologique de France, collaborateur principal à la Carte géologique de France, *Classification des couches crétacées, tertiaires et quaternaires du Hainaut belge*. (LA FEUILLE DES JEUNES NATURALISTES, n° 386, 1^{er} décembre 1902.)

par la Carte géologique de Belgique est restée fixée dans les cadres tracés par Dumont il y a longtemps et passe à son examen critique, en étant parfois un peu dur pour Dumont, l'illustre géologue, dont la Belgique s'honore à juste titre. N'oublions pas que Dumont travaillait il y a plus de cinquante ans, qu'il n'avait presque rien par devers lui, que tout était à créer. Depuis lors, les sciences ont progressé à grands pas et il est beaucoup de savants illustres qui ont émis à cette époque des idées admises alors sans conteste et considérées à présent comme invraisemblables.

La théorie solaire de François Arago, qui faisait de l'astre central de notre système un corps opaque, solide, entouré d'une atmosphère lumineuse et calorifère, ne se discute même plus aujourd'hui.

Si les Belges figurent avec honneur parmi les premiers pionniers des sciences géologiques, motif de plus pour ne pas nous engourdir dans une immobilité tout orientale. Nous avons fait, en Belgique, trop de géologie de clocher, s'il est permis de s'exprimer ainsi, — moi tout le premier, comme tous les autres. Les études générales font découvrir les erreurs locales. Tâchons donc de progresser : c'est à ce point de vue seul que nous examinerons les idées de M. G. Dollfus; nous écarterons, *a priori*, toutes questions personnelles et ne répondrons même pas si celles-ci venaient à se produire.

Rappelons-nous toujours que *errare humanum est*; dans vingt-cinq ou cinquante ans, nos idées auront vieilli, elles seront remplacées par d'autres, et ce que nous écrivons aujourd'hui n'aura peut-être plus qu'un intérêt rétrospectif pour l'histoire des sciences géologiques.

M. G. Dollfus parle d'abord des systèmes jurassique et crétacique; nous n'en dirons qu'un mot et cela d'une manière absolument incidente.

L'auteur rappelle que dans les environs de Tournai, lors de l'excursion, on a observé une marne verdâtre, d'âge turonien, avec petits galets de phtanite noir à la base. Cette couche de galets est la base de l'étage turonien, déjà signalée par nous (1) en 1886, dans le sous-sol de la ville d'Alost. Nous venons encore de la retrouver en 1902 au sondage de MM. Moens frères, à Alost.

Ce niveau à gros éléments est donc bien persistant. Il ne figure pas dans la légende de la Carte géologique. Cette lacune est à combler.

(1) O. VAN ERTBORN et P. COGELS, *Les puits artésiens de la station de Denderleeuw et de la filature de M. M. Vandersmissen, à Alost.* (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELG., t. XIII, Mém., 1886.)

Avant d'aborder la série éocène, il nous semble utile d'exposer quelques généralités, ou plutôt de les rappeler, car elles sont admises par tous aujourd'hui.

En géologie, la donnée paléontologique règne en maître. Aux théories les plus ingénieuses, elle oppose le fait brutal, incontestable des faunes. La stratigraphie elle-même lui est subordonnée, car les couches graveleuses et caillouteuses perdent une grande partie de leur signification et de leur importance, lorsque la même faune, sans modifications bien sensibles, persévère au-dessus d'elles.

En accordant à la paléontologie ce rôle prépondérant, nous sommes en parfaite communauté d'idées avec l'un de nos confrères, qui disait jadis que les fossiles sont à la géologie ce que les monnaies sont à l'histoire. Ils caractérisent nettement un horizon géologique.

Nous nous permettrons de compléter la comparaison de notre confrère en ajoutant que les niveaux caillouteux et graveleux d'origine marine et *persistants* indiquent les changements de règne; les mêmes éléments localisés annoncent des vicissitudes locales, circonscrites. Dans le premier cas, ils limitent les étages; dans le second, les assises.

Il y a toutefois lieu d'établir certaines distinctions entre les couches à gros éléments, limitant ou paraissant limiter les étages.

Nous attachons une importance capitale aux couches de cailloux, formées d'éléments transportés, *ayant fait un voyage horizontal*; tels sont ceux de la base de l'Ypresien, par exemple, que nous avons trouvés dans le sous-sol de la Flandre, de la côte jusqu'à la Dendre (1).

Nous attachons une signification tout autre aux cailloux de *silex verdis et corrodés*, que la légende de la Carte géologique place à la base de l'étage landenien. Ils n'ont, d'après nous, fait qu'un *voyage vertical de haut en bas* et nous apprennent que la couche crétacique dans laquelle ils se sont formés, est partiellement ou totalement dénudée. Quoique remaniés, *ils sont restés à leur ancien niveau géologique*. Leur valeur stratigraphique nous paraît donc nulle; aussi les avons-nous déterminés comme prétertiaires (2) dans plusieurs coupes de sondages. Ils sont à la base du Landenien marin lorsque celui-ci repose directement sur le

(1) Ils sont constitués de silex noir et d'autres roches roulées, parfois plus ou moins altérées, comme à Ostende (*Royal Palace Hôtel*). En ce point, il y en avait une quarantaine sur une surface de 6 décimètres carrés.

A Alost (teinturerie Moens frères), environ 150 sur une même surface, quelques-uns de silex et de quartz, la plupart de quartzite vert devillien, roulés.

(2) *Soc. royale malacol. de Belg.* Séance du 3 février 1894, t. XXIX.

Crétacique ou sur le Primaire; sous le Heersien, lorsque celui-ci est intercalé entre le Landenien et les couches plus anciennes; ils seraient à la base du Pliocène, si celui-ci, en Belgique comme en Angleterre, reposait sur la craie.

Ils doivent donc être rayés de la légende de la Carte géologique, comme base de l'étage landenien bien entendu.

Nous n'amoindrissons donc en rien le rôle important des cailloux et des graviers en stratigraphie. Nous l'expliquons.

Les graviers localisés que l'on trouve parfois à la base du Landenien marin, du Panisélien, ont une signification bien moindre. Ils délimitent l'assise et non l'étage. Enfin, dans les dépôts d'origine lagunaire, les cailloux ont une signification singulièrement atténuée.

L'extension géographique des dépôts peut certainement confirmer ou atténuer certaines conclusions en l'absence de preuves paléontologiques; elle est souvent difficile à établir.

Le Sparnacien a raviné l'assise marine de l'étage landenien dans le sous-sol des Flandres, l'a certainement parfois balayé complètement, comme à Gand. Le Panisélien a disparu du plateau de la rive droite de la Senne et nous constatons qu'à Uccle et en d'autres points, le Bruxellien a formé le niveau graveleux de sa base au détriment de l'assise panisélienne et de la partie supérieure de l'Ypresien. La *N. laevigata* roulée se retrouve au loin à l'Ouest à la base du Laekenien; elle n'a vécu *in situ* qu'à la partie supérieure du Bruxellien, qui n'a laissé aucun vestige dans cette région. M. E. Van den Broeck avait rapporté le Poederlien jusque dans l'angle Nord-Ouest du Limbourg; nous avons indiqué sa présence dans le plateau de la même province. Son aîné le Diestien, victime aussi des dénudations quaternaires, a laissé des *témoins* sur quelques sommets, mais l'extension complète de ces étages vers le Sud restera à tout jamais un mystère.

Ces données exposées, passons aux idées exprimées par M. G. Dollfus dans sa notice. Le Heersien n'existant pas en Hainaut, il n'en dit qu'un mot comme suit: « Il n'est pas possible d'y voir autre chose qu'une dépendance du Landenien inférieur. »

L'auteur en arrive ensuite aux dépôts qui ont été plus particulièrement l'objet de ses études. Il nous donne la coupe des terrains observés lors de l'excursion dans le voisinage de la frontière dans les grandes sablières de Jeumont (France) et de Grand-Reng (Belgique) et qui sont absolument analogues à celles des environs de Reims.

Coupe à la frontière franco-belge.

LANDENIEN SUPÉRIEUR. (SPARNACIEN.) (1)	{	6. Marne grise avec lits de marne blanche à végétaux, écailles de <i>Lepidotus</i> .
		5. Marnes avec lignites alternant avec des sables grossiers.
		4. Sables grossiers, dits d'Erquelines, avec ossements disséminés (<i>Pachynolophus Maldani</i>). Crocodiles, Trionyx (faune de Cernay lez-Reims).
		3. Gros gravier, poudingue, ravinement.
LANDENIEN INFÉRIEUR. (THANÉTIEN.)	{	2. Sables glauconifères, parfois tufeau, à <i>Ostrea bellovacensis</i> .
		1. Poudingue, glauconifère, cailloux roulés verdiss, fossiles thanétiens bien développés (gare de Leval).
		Craie blanche profondément ravinée.

Comme conclusions générales de ses critiques sur la nomenclature belge, il nous dit :

« Le Heersien n'est qu'une dépendance du Landenien. Le Landenien est subdivisé en deux étages disparates, qui ne peuvent rester unis. L'Ypresien, qui se présentait comme une forte masse minérale, a pu être conservé, sous réserves, dans la nomenclature générale, mais il faut y joindre le Panisélien. Les Bruxellien et Laekenien ont été jugés comme insuffisants, et il a fallu leur ajouter le Ledien; il est vrai que les trois étages ensemble n'équivalent qu'à une partie du Lutécien de Paris. »

Nous examinerons ces différentes critiques une à une; donnons d'abord le tableau suivant, résultat des études de M. G. Dollfus.

**Concordance nouvelle des assises de l'Éocène belge
avec celles du bassin de Paris.**

SUPÉRIEUR .	{	Ludien.	Asschien?	Sables de Marines.	
		Bartonien	Wemmélien	Sables de Beauchamp.	
MOYEN . . .	{	Lutécien supér ^r .	Manque	Calcaire grossier supér ^r .	
		Lutécien infér ^r .	Ledien	Id. grossier moyen.	
			Laekenien		
			Bruxellien.	Id. grossier infér ^r .	
INFÉRIEUR .	{	Ypresien	Panisélien	Argile de Laon-Hérouval.	
			Ypresien supérieur . . .	Sables de Visigneux.	
			Ypresien inférieur . . .	Sables d'Aizy-Mercin.	
					Argile de Mont-S ^t Martin.
		Sparnacien.	Landenien supérieur . . .	Lignites du Soissonnais.	
			Thanétien	Landenien inférieur . . .	Sables de Bracheux.
				Heersien	
			Montien	Montien.	Calcaire pisolithique.

(1) Remarquons que M. G. Dollfus met entre parenthèses le mot *Sparnacien*, comme nous l'avons fait dans la coupe du forage du Royal Palace Hôtel d'Ostende. (SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1900.)

Passons à présent à l'examen critique des divers étages de la légende de la Carte géologique, en procédant étage par étage.

ÉTAGE HEERSIEN.

M. G. Dollfus, comme nous l'avons dit précédemment, considère cet étage comme une dépendance du Landenien.

En effet, nous ne pourrions contester que la faune du Heersien soit landenienne : les poissons, les mollusques, les foraminifères même paraissent tous être de cet âge. Ses dépôts renferment une flore continentale tertiaire de végétaux flottés, absolument comme l'assise rupe-lienne inférieure. Ces flores n'ont qu'une valeur paléontologique toute secondaire, la faune marine *in situ* les primant dans ces cas. D'ailleurs les rares plantes recueillies dans le Landenien paraissent se rapporter aux mêmes espèces que celles du Heersien.

Les fossiles marins seuls sont donc surtout en cause, et l'on ne saurait contester que, dans le cas présent, ils tranchent la question d'une manière indiscutable.

Au point de vue stratigraphique, nous avons déjà dit que les cailloux de silex verdis et corrodés, indiqués dans la légende de la Carte géologique comme base du Landenien, passent sous le Heersien lorsque celui-ci se trouve intercalé entre le Landenien et le Crétacique.

Nous ne contesterons pas qu'il y ait ravinement entre le Landenien et le Heersien, avec quelques graviers; mais tenant compte des preuves fauniques, ces graviers ne sont-ils pas plutôt séparatifs d'assises que d'étages?

Il y a peut-être deux objections à nous faire : nous les préviendrons. Le Heersien comprend un cycle sédimentaire complet, il est vrai, mais l'assise tongrienne inférieure en comprend un également; d'autres assises sont dans le même cas (1). Le cycle sédimentaire n'implique donc pas nécessairement l'étage.

(1) Nous en citerons un exemple bien plus modeste encore : celui du Flandrien de la province d'Anvers et de la zone limitrophe de la Flandre connue sous le nom de Pays de Waes. Cette assise quaternaire, dont la puissance n'est que de 2 mètres en moyenne, offre le cycle sédimentaire complet sur une bien petite échelle. Elle ne saurait constituer un étage. Elle est constituée comme suit :

e. Sable d'émersion.

d. Sables fins ou moyens, pointillés de glauconie, parfois légèrement argileux.

c. *Leem bigarré* ou argile sableuse.

b. Sables généralement stratifiés, pointillés de glauconie.

a. Gravier de silex et de quartz, cailloux, fragments de silex, fragments informes de coquilles, silex éclatés.

C'est notre ancien Campinien, *campinois*. Nous soulignons le mot, car il existe en

Le second argument est peut-être un peu plus sérieux : La zone d'extension du Heersien est différente de celle du Landenien; le fait n'est pas contestable. Remarquons toutefois que le Heersien est avant tout un dérivé sédimentaire du Crétacique; que celui-ci est beaucoup plus puissant dans la partie orientale du pays; que plus on s'avance vers l'Ouest, plus la dénudation prétertiaire a été intense; que sur des surfaces considérables, le Secondaire tout entier n'est représenté que par 2 ou 3 mètres de Turonien. Il s'ensuit que plus on s'avance vers l'Ouest, plus les éléments lithologiques constitutifs du Heersien ont fait défaut.

Le fond de mer a pu se trouver à cette époque en contact immédiat avec le quartzite devillien, roche peu décomposable s'il en est. Enfin, de tous nos dépôts tertiaires, la marne heersienne est la plus soluble dans l'eau, et cela au plus haut point; les plus faibles courants doivent donc la faire disparaître rapidement. Il est dès lors difficile de juger de l'extension géographique qu'auraient pu avoir jadis certaines couches tertiaires; tant de causes ont pu la modifier, qu'il serait téméraire d'en tirer quelques conclusions.

En tout cas, comme étage, le Heersien se trouve en fâcheuse posture. Les égards que nous tenons à garder pour nos prédécesseurs et pour nos confrères nous obligent à réserver toute décision jusqu'à ce que les travaux miniers du Limbourg nous aient éclairé sur l'allure, en grandes profondeurs du Landenien et du Heersien (1). Il y aura lieu de s'assurer s'ils restent distincts, ou si, comme l'Ypresien et le Paniselien, ils se fondent en une seule masse homogène.

L'avenir nous ménage probablement bien des éléments d'appréciation nouveaux; la découverte du bassin houiller du Limbourg nous assure probablement encore bien des découvertes et des surprises. La puissance

Campine. Le nom est appliqué dans la légende de la Carte géologique au Quaternaire moyen (notre Quaternaire moyen fluvatile avec *El. primigenius*, *Rhinoceros tichorinus*, etc.). Appliqué à ce niveau, *très rare en Campine*, M. G. Dollfus le trouve *détestable*. Il n'est pas le seul.

(1) On se demandera peut-être le motif pour lequel on n'englobe pas le Landenien dans le Heersien.

La question pourrait être controversée. Le Landenien a une zone d'extension beaucoup plus considérable que le Heersien : il s'étend dans le sous-sol de la moyenne et de la basse Belgique, et ne fait défaut que lorsque le Sparnacien, comme à Gand, l'a complètement dénudé.

La zone d'extension du Heersien ne paraît pas dépasser de beaucoup le méridien de Louvain vers l'Ouest, mais il existe dans le sous-sol de cette ville, où sa puissance est d'une dizaine de mètres. (Voir note sur trois forages, etc. *Soc. royale malacol.*, t. XXIX, 1894.)

des morts-terrains, épais de plusieurs centaines de mètres dans ces parages, ne peut être que féconde pour la science.

ÉTAGE LANDENIEN.

Le facies marin de l'étage désigné *L I.* dans la légende de la Carte géologique contient la faune des sables de Bracheux; ce parallélisme est bien établi.

Notons bien le fait et attirons tout spécialement l'attention sur lui. Cette assise marine passe, par *transition insensible*, à l'assise supérieure désignée sous le nom de Landenien supérieur à facies lagunaire. Celle-ci est complètement dépourvue de fossiles.

Il s'ensuit que toutes preuves paléontologiques et stratigraphiques faisant complètement défaut, nous sommes forcé de considérer cette assise d'origine lagunaire et l'assise marine sous-jacente comme formant une seule masse représentant le même horizon géologique, absolument comme, à quelques étages plus haut, la légende de la Carte géologique assimile, sans distinction aucune, le facies lagunaire diestien de Heyst-op-den-Berg au facies marin de Diest à *Terebratula grandis*. Le facies lagunaire pliocène étant également dépourvu de flore et de faune, ces faits nous amènent à la conclusion que le massif *L¹* et *L²* est l'équivalent des sables de Bracheux, soit tout entier thanétien.

Depuis cinquante ans, le facies lagunaire désigné dans la partie orientale du pays sous le nom de Landenien supérieur a été assimilé aux dépôts qui, dans la région occidentale, contiennent une faune sparnacienne des mieux caractérisées.

Il en résulte donc un Landenien-Thanétien avec faune sparnacienne (1), soit une nouvelle édition, légèrement variée, du cas du Heersien à faune landenienne.

Aussi, M. G. Dollfus a grandement raison de dire que *le Landenien est subdivisé en deux sous-étages disparates qui ne peuvent rester unis*, et son échelle stratigraphique devrait être conçue comme suit :

ÉTAGE LANDENIEN . . .	}	Assise lagunaire.
		— marine.
		— heersienne.

ÉTAGE SPARNACIEN.

Nous avons déjà parlé des sablières de Jeumont et de Grand-Reng. Dans la région Nord-Ouest du pays, les couches lagunaires à faune

(1) On y a trouvé quelques poissons, que M. Leriche vient de déterminer. Ils sont tous d'âge sparnacien.

sparnacienne sont recouvertes par l'étage ypresien, avec cailloux à la base. Le Sparnacien a raviné profondément l'assise marine landenienne et l'a fait disparaître parfois complètement, comme à Gand, où le fait est incontestable. En beaucoup de points cependant, l'argile à psammites landenienne marine est encore bien représentée.

Jusqu'à présent, la présence du Sparnacien à l'Est de la vallée de la Dendre n'a pas encore été constatée en sous-sol, mais les eaux brunes des puits artésiens de Denderleeuw, de Liedekerke, de Ninove, nous prouvent que ses dépôts ligniteux ne sont pas bien éloignés.

M. Rutot a publié deux notices (1) au sujet de ces eaux brunes, et l'auteur se demande quelle peut être l'origine de cette matière colorante, d'origine végétale, comme l'ont prouvé les analyses de M. Klement. Il ajoute : « L'explication précise de cette singularité fait défaut ; il est toutefois à remarquer que le puits qui donne de l'eau colorée a son orifice dans la plaine d'alluvion de la Dendre et traverse vers le sommet des couches tourbeuses. »

A Denderleeuw, la coloration était encore bien plus accentuée qu'à Ninove et approchait du brun-noir. Le point est situé en dehors de la zone d'alluvion. Les puits sont jaillissants et la pression de l'eau se faisant de l'intérieur à l'extérieur des tuyaux, il ne peut y avoir aucune infiltration par suite du manque d'étanchéité de la colonne de tubages.

Aujourd'hui l'explication est des plus faciles. Cette coloration est due aux sables ligniteux du Sparnacien (2).

On peut se demander même si les quelques mètres de sable vert qui, à Ninove, séparent l'Ypresien du Primaire ne seraient pas d'âge sparnacien. Dans la coupe du nouveau puits de l'usine Lousbergs, à Gand, notre confrère le Dr Van Hove nous renseigne également dans un sable vert l'*Unio gandavensis* et l'*Ostrea bellovacensis* (3).

A Alost, le Landenien marin est bien représenté et le Sparnacien fait

(1) A. RUTOT. *Note sur le sous-sol des villes de Grammont et de Ninove.* (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELG., t. XIII, *Bull.*, 1886.) *Les eaux brunes dans les puits artésiens de Ninove.* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. IV, 1890, *Mém.*, p. 232.)

(2) Cette coloration n'apparaît pas toujours immédiatement. M. Axer, membre de la Société, me disait récemment qu'à Liedekerke, il avait fallu un temps relativement long. Il en fut de même à Willebroeck, à Breendonck et à Malines, pour les puits ayant leur source dans les sables de l'Éocène moyen. Il doit y avoir à ce niveau dans la direction du Sud des dépôts ligniteux encore inconnus.

(3) D. VAN HOVE, *Note sur le nouveau puits de l'usine Lousbergs, à Gand, etc.* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1901, *Proc.-Verb.*, pp. 63-73.)

Liste des fossiles de l'étage sparnacien en Belgique.

GENRE. — ESPÈCE. — AUTEUR.	Gand. P. de la ville.	Gand. P. Lousbergs I.	Gand. P. Lousbergs II.	Beernem.	Ostende. Royal Palace Hôtel.	Ostende. P. de la ville.	Courtrai.
<i>Potamides funatus</i> , Maut. .		+	+	+	+	+	
<i>Melanopsis buccinoidea</i> , Fér.			+		+	+	
<i>Melania inquinata</i> , Defr. . .	+		+		+	+	
<i>Stenothyra miliola</i> , Mellev. .					+		
<i>Tritonidea lata</i> , Sow. . . .					+		
<i>Faunus curvicostatus</i> , Desh.					+		
<i>Cyrena cuneiformis</i> , Fér. . .	+	+	+	+	+	+	+
— <i>antiqua</i> , Fér.			+			+	
— <i>cardoides</i> , Desh. . .			+				
— sp.					+		
<i>Ostrea bellovacensis</i> , Lamk. .			+			+	
— <i>sparnacensis</i> , Defr. .		+	+	+	+	+	
— <i>suessonensis</i> , Desh. .			+		+		
— sp.			+				
<i>Corbula Arnouldi</i> , Nyst. . .			+				
<i>Unio</i> aff. <i>Wateleti</i> , Desh. . .			+				
— <i>gandavensis</i> , Ler. . . .	+		+				
<i>Mytilus</i> , sp.						+	
<i>Cytheridea</i>							
<i>Cliona erodens</i> , Dollf. . . .					+	+	
<i>Lamna macrotia</i> , Agass. . .				+			

M. Renard, dans la coupe du puits de Gand-Ville, signale encore *Cyrena inquinata*, *Ostrea submissa*, *Melania sodalis*.

défaut, on ne le retrouve pas dans la partie centrale du pays, où, dans la vallée de la Senne, de nombreux forages ont atteint des niveaux géologiques inférieurs.

L'assise lagunaire landenienne n'a jamais été rencontrée dans la même zone.

Il s'ensuit qu'il n'y a aucune connexité entre les deux dépôts lagunaires.

Enfin, les couches d'origine lagunaire expliqueraient peut-être la composition chimique spéciale des eaux artésiennes qui sourdent de leur niveau. Les eaux qui reviennent à la surface sont des eaux fossiles, qui ont été emmagasinées pendant une série effrayante de siècles, car nous ne leur connaissons aucune issue probable vers le Nord. Des sources carbonatées-sodiques se seront écoulées dans les lagunes et en auront imprégné les sédiments. Par les fissures de la craie, elles ont pu pénétrer jusqu'au terrain primaire et ainsi s'expliquerait à Ostende la composition chimique similaire des deux niveaux artésien.

ÉTAGE YPRESIEN.

L'étage ypresien ne forme qu'une seule masse dans la légende de la Carte géologique; il se termine au sommet par le sable à *Nummulites planulata*, dont nous aurons l'occasion de parler à l'article consacré à l'Étage asschien.

La base caillouteuse de l'Ypresien paraît occuper la même zone d'extension que l'Étage sparnacien. Il ne paraît pas impossible qu'il ait emprunté ses gros éléments aux dépôts hétérogènes du Sarnacien, car on observa des amas locaux de l'espèce à ce niveau lors de l'excursion de 1901 (1). Ce qui expliquerait la discontinuité de la couche.

A notre connaissance, elle a été observée aux endroits suivants :

Ostende	2 fois.
Renaix et hameaux	7 »
Flobecq	1 »
Beaurieux-Aznières	1 »
Dottignies-Saint-Léger	1 »
Alost	1 »
Amougies	1 »
TOTAL	14 fois.

Ce niveau caillouteux a été rencontré certainement beaucoup plus souvent par les sondages; on n'ignore pas que la plupart d'entre eux

(1) SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI.

passent inaperçus, ou ne sont pas l'objet d'une étude scientifique.

Au forage du « Royal Palace Hôtel » d'Ostende, nous avons recueilli à la base de l'Ypresien une quarantaine de cailloux de silex sur un espace de 6 décimètres carrés. La plupart d'entre eux portent des traces d'altération.

A Alost, au sondage de MM. Moens frères, en 1902, nous en avons, sur la même surface, trouvé environ 150, quelques-uns de quartz, d'autres de silex, mais la grande majorité de quartzite vert devillien, un peu moins roulés que les autres.

L'étage ypresien est formé d'une grande masse d'argile qui, à la partie supérieure, présente quelques alternances, bien connues, d'argile et de sable.

Dans le grand massif argileux, nous n'avons constaté à ce jour qu'une seule anomalie : la présence d'une couche de sable perméable située à Alost à la cote — 28 (1). Nous n'y aurions attaché aucune importance, car les amas lenticulaires sableux ou argileux peuvent se rencontrer à tous les niveaux, si elle ne contenait une nappe artésienne, peu importante, il est vrai, mais jaillissante à Alost (1). Ce phénomène hydrologique implique nécessairement la continuité de la couche et sa perméabilité.

De l'allure connue de l'étage, on peut conclure que son affleurement se trouve à 7 kilomètres au Sud d'Alost.

En grande profondeur, la couche à *N. planulata* disparaît et l'Ypresien et le Panisélien ne forment plus qu'une seule masse, présentant de nombreuses alternances d'argiles diverses.

ÉTAGE PANISELIEN.

Comme toutes choses, bonnes ou mauvaises, arrivent souvent par séries de trois, nous en arrivons, en remontant la série éocène inférieure, au Panisélien. C'est un *étage* caractérisé paléontologiquement par une *faune ypresienne*, peut-être un peu plus littorale. M. G. Dollfus demande si le Panisélien n'est pas le véritable Ypresien supérieur. Il en a la conviction depuis longtemps, et son autorité, incontestée en la matière, n'est pas de peu de poids. Nous avons déjà l'étage heersien avec faune landenienne, l'assise landenienne supérieure avec faune sparnacienne,

(1) Déjà signalée à Alost par notre confrère le Dr Raeymaeckers (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. XXV bis, in-4°, p. 61). Toutefois, comme beaucoup de renseignements fournis par cette notice n'étaient que de seconde main, nous en avons attendu la confirmation par nous-même.

enfin l'étage panisélien avec faune ypresienne; gravir quatre étages et recevoir chemin faisant trois tuiles sur la tête constitue une malchance unique, croyons-nous, dans l'histoire de la Géologie. Nous jouons décidément de malheur.

Le grand juge, la Paléontologie, ayant parlé, on ne peut que s'incliner devant sa sentence. Le Panisélien ne constitue pas un étage, mais une assise ypresienne.

Au point de vue stratigraphique, que voyons-nous à la base du Panisélien? Un ravinement près de Mons, quelques graviers localisés près de Renaix. Parfois le sable à *N. planulata*, comme dans le sous-sol de Malines, offre une indication que l'on peut taxer d'indirecte; partout ailleurs, comme nous l'avons dit précédemment, les deux étages ypresien et panisélien constituent une seule masse, sans aucune ligne de démarcation.

Dans les affleurements, les indications sont si vagues, que pour les levés géologiques il a fallu avoir recours à la couleur de l'argile et à son état plus ou moins sableux pour diversifier les deux étages (1). Avouons que de tels levés manquent de *base*.

M. G. Dollfus a donc encore raison et, grâce à son appui, décapitons aussi le Panisélien comme étage et rangeons-le comme *assise panisélienne* à la partie supérieure de l'étage ypresien.

ÉOCÈNE MOYEN ET SUPÉRIEUR.

La partie de la légende de la Carte géologique comprenant l'Éocène moyen et supérieur ne soulève pas de critique bien sérieuse. M. G. Dollfus fait observer que le nombre d'étages est peut-être exagéré et que trois d'entre eux n'équivalent qu'à une partie du Lutécien de Paris.

A ce point de vue, il nous semble avoir parfaitement raison, car en tout il faut simplifier le plus possible. On pourrait réduire le nombre de cinq à trois sans froisser en rien les lois rigoureuses de la Paléontologie et de la Stratigraphie.

L'étage bruxellien ne serait pas modifié; le Laekenien et le Ledien ne formeraient plus qu'un seul étage, et l'Éocène supérieur ne serait

(1) Voir à ce sujet les neuf dernières lignes de la page 254, séance du 1^{er} décembre 1890. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. IV, 1890. *Proc.-Verb.*)

La légende de la Carte géologique sépare l'étage panisélien en deux assises. La supérieure est indiquée : *Sable glauconifère* avec *traces* de gravier à la base. On conviendra que c'est maigre comme base de démarcation stratigraphique caillouteuse.

plus représenté que par un étage, comprenant le Wemmélien et l'Asschien.

La légende aurait le dispositif suivant :

ÉOCÈNE SUPÉRIEUR . . .	|	Étage wemmélien . . .	{	Assise asschienne.
			—	wemmélienne.
ÉOCÈNE MOYEN.	{	Étage laekenien.	{	Assise ledienne.
		Étage bruxellien.	—	laekenienne.

ÉTAGE BRUXELLIEN.

L'extension géographique de cet étage paraît différer beaucoup de celle de l'étage laekenien, qui s'étend beaucoup plus loin dans la direction de l'Ouest. Le Bruxellien est cantonné à présent sur la rive droite de la Senne, qui forme sa limite occidentale; une ligne dirigée du Sud-Ouest au Nord-Est, passant entre Vilvorde et Malines, le limite dans la direction du Nord, même en grande profondeur (1). Il paraît juxtaposé à l'assise paniselienne, qui couronne les collines de la rive gauche de la Senne.

A Uccle, il est manifeste que le Bruxellien a emprunté une partie des éléments de sa base à l'assise paniselienne et qu'il a même raviné, sur quelques mètres de hauteur, l'assise ypresienne. Les crabes remaniés à sa base à Uccle-Calevoet, nous les avons retrouvés *in situ* dans l'Ypresien au sondage exécuté à quelques mètres de l'église d'Uccle (2). Il paraît donc probable que le Panisélien s'est étendu au delà de la vallée de la Senne dans la direction d'Uccle et même plus loin, région où il fut dénudé par le Bruxellien.

Celui-ci le fut à son tour par le Laekenien, car les innombrables *N. laevigata*, roulées et remaniées à la base du Laekenien, n'ont pu pulluler que dans la partie supérieure du Bruxellien, aujourd'hui disparue.

Cette même base à *N. laevigata* roulées se retrouve dans toute la région occidentale du pays, où tous autres vestiges du Bruxellien ont disparu. Un éparpillement par voie de transport lointain nous paraît peu vraisemblable et il est probable que le Bruxellien a existé dans cette même région, sans avoir toutefois la puissance qu'il a encore sur la rive droite de la Senne.

Cette base à *N. laevigata* roulées et remaniées est donc remarquable par sa persistance; nous l'avons retrouvée à de grandes profondeurs en

(1) Il a dû s'étendre beaucoup plus vers l'Ouest. L'abondance de la *N. laevigata* roulée à la base du Laekenien en est une preuve évidente.

(2) SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, *Proc.-Verb.*, p. 261.

de nombreux points, et tout spécialement à Westerloo, à 172 mètres au-dessous de la surface du sol (1).

ÉTAGE LAEKENIEN.

Les faunes laekennienne et ledienne présentent si peu de différence qu'aucun argument sérieux ne peut être soulevé contre la fusion des deux étages en un seul, subdivisé en deux assises. La base graveleuse du Ledien est persistante, nous en convenons : rien ne s'oppose à ce qu'elle soit réduite au rôle de *base d'assise*.

ÉTAGE WEMMELIEN.

La fusion des deux étages wemmélien et asschien en un seul fait disparaître ou plutôt atténue presque complètement une anomalie inexplicable, constituant une contradiction flagrante. En effet, le sable à *Nummulites planulata* sert de toit à l'Ypresien, et le sable à *Nummulites (Operculina) Orbigny* sert de base à l'étage asschien. Ce sable noir à Operculines était désigné jadis sous le nom de *bande noire*. Il est parfois un peu graveleux en certains points, c'est-à-dire qu'il contient quelques grains de quartz plus gros que les autres ; mais en beaucoup d'autres points, ces éléments un peu plus grossiers font complètement défaut, surtout en grande profondeur, où la *bande noire* a été trouvée bien souvent. A Anvers-Nord, nous avons percé ce sable glauconifère à 180 mètres ; nous en avons recueilli environ 1 hectolitre. La quantité de Nummulites peut être qualifiée de prodigieuse. Comme sable, le grain est bien uniforme.

La nomenclature proposée est celle adoptée par notre confrère et ami M. G. Velge, dans l'interprétation de la coupe du puits artésien de Westerloo.

Nous avons l'honneur de soumettre au monde savant le projet de légende suivant pour l'Éocène inférieur en Belgique.

Projet d'échelle stratigraphique pour l'Éocène inférieur en Belgique.

ÉTAGE YPRESIEN { Assise paniselienne.
— ypresienne.

Cailloux (de transport).

ÉTAGE SPARNACIEN. (Région occidentale). { Sables et argiles divers
avec lignites, grès ; faune sparnacienne.

Cailloux (de transport).

(1) ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELG., t. XXVI, *Mém.*, p. 15.

ÉTAGE LANDENIEN.	{	Assise lagunaire (transition
		insensible). (Région orientale.)
		Assise marine.
		Assise heersienne.

Cailloux de silex verdis (de dénudation).

ÉTAGE MONTIEN.

OLIGOCÈNE, MIOCÈNE ET PLIOCÈNE.

Cette partie de la légende ne donne lieu à aucune observation. On voit que M. E. Van den Broeck l'a étudiée à fond. Nous tenons à lui rendre ici un juste hommage. La légende est bien condensée et la simplification est une qualité capitale.

Nous risquerons peut-être une timide observation. On pourrait, pour être conséquent avec les subdivisions landeniennes et ypresiennes, désigner l'étage bolderien sous la rubrique suivante :

ÉTAGE BOLDERIEN	{	Assise anversienne.
		— bolderienne.

En faisant cela jadis, on aurait ménagé certaines susceptibilités.

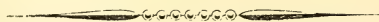
Pour le Diestien, nous aurions aussi :

ÉTAGE DIESTIEN	{	Assise casterlienne.
		— lagunaire.
		— diestienne.

Il nous reste l'étage scaldisien, réduit à un cordon littoral, que l'on pourrait caser, soit dans le Diestien, soit dans le Poederlien.

Il est fâcheux de devoir constater, en terminant, que le manque de texte explicatif, fût-il même très succinct, entrave la vulgarisation de la Carte géologique.

Les œuvres de d'Omalius, le « Prodrôme » de M. Dewalque, la « Géologie de la Belgique » de M. Mourlon furent et sont encore des œuvres remarquables; malheureusement, comme tout en ce monde, elles prennent de l'âge, et la science en progrès marche à grands pas. Ce que nous écrivons aujourd'hui sera démodé et vieilli en moins de vingt ans.



LA LESSE SOUTERRAINE

La traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz démontrée au moyen de la fluorescéine

PAR

E. VAN DEN BROECK et E. RAHIR

PLANCHE III.

Parmi les découvertes que nous avons eu l'occasion de faire dans la vallée de la Lesse, au voisinage de Furfooz, et qui intéressent tout particulièrement la Spéléologie et l'Hydrologie, nous devons mentionner en première ligne la reconnaissance d'un bras souterrain coupant la double boucle de la rivière en cet endroit.

Déjà en 1900, nous pûmes reconnaître dans cette région si curieuse du massif de Furfooz, couronné par les ruines du camp romain, divers indices qui semblaient indiquer un passage souterrain en raccourci sous ces rochers célèbres par leurs grottes préhistoriques. Depuis plus de trois ans, en effet, à l'occasion de recherches entreprises méthodiquement, à ce dernier point de vue, dans la vallée de la Lesse, nous avons eu le loisir, à tour de rôle ou ensemble, de faire de nombreuses observations dans les massifs de Furfooz et d'Hulsonniaux (1), et

(1) E. VAN DEN BROECK, *Exploration nouvelle dans le site de Furfooz. Le « Puits-des-Veaux » et le « Trou-qui-fume »*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XIV, 1900. Pr.-Verb., 17 juillet, pp. 205-212.)

E. RAHIR, *Première observation sur une communication souterraine de la Lesse avec le « Puits-des-Veaux »*. (IBIDEM, t. XV, 1901. Pr.-Verb., 15 janvier 1901. pp. 7-10.)

E. VAN DEN BROECK, *Quelques observations nouvelles faites à Furfooz, le 12 octobre 1901*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1901. Pr.-Verb., 15 octobre 1901, pp. 614-623.)

d'étudier sur place nombre de points intéressant spécialement cette science si mystérieusement attirante qu'est la Spéléologie. Grâce à cette collaboration où chacun de nous apportait sa part, dans la mesure du temps dont il pouvait disposer, de ses connaissances spéciales et de ses aptitudes, il nous a été donné de pouvoir résoudre complètement le problème si complexe de la Lesse souterraine à Furfooz, problème qui n'était même pas posé avant nos recherches dans ces régions.



Fig. 1. — LES ROCHERS DE FURFOOZ (1).

Comme nous venons de le dire, nos explorations détaillées des rochers de Furfooz, d'Hulsonniaux et des massifs environnants commencèrent pendant l'été de 1900. Dès le début de ces recherches, nous pûmes reconnaître et étudier diverses particularités qui, jusqu'à présent, n'avaient pas attiré l'attention des géologues ni même des spéléologues. Il est vrai de dire que la science spéléologique, de date relativement récente, n'a fait encore que peu d'adeptes en Belgique.

Lors de ces minutieuses investigations, nous fîmes plusieurs consta-

(1) Extrait de E. RAHIR, *La Lesse ou le Pays des Grottes*. J. Lebègue et Cie, éditeur, Bruxelles.

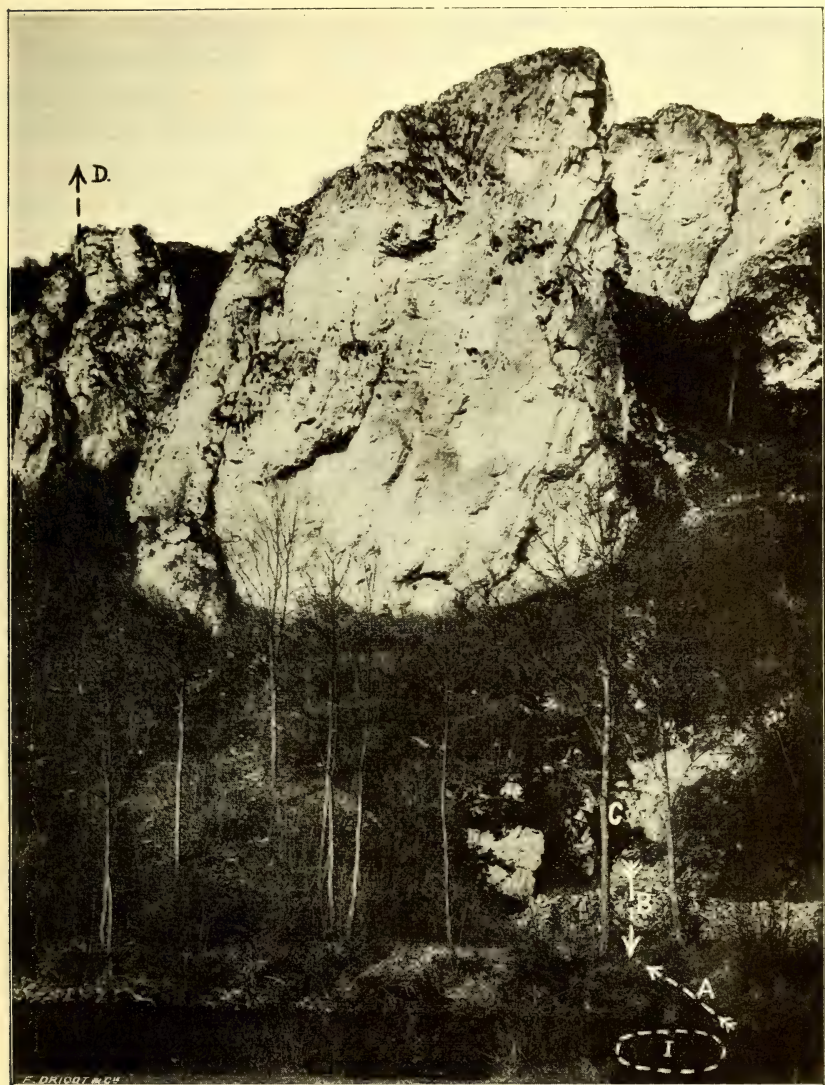


Fig. 2. — ROCHER DE FURFOOZ.

- I. Gouffre dans la rivière. — A. Canal temporaire (en temps de crue).
 B. Chantoir des Nutons. — C. Éboulis. — D. Le Trou-qui-fume.

tations et même nous découvrîmes des faits nouveaux qui permettaient de croire, avec beaucoup de probabilité, à l'existence d'un bras souterrain de la Lesse, bras qui, pensions-nous, devait traverser les rochers de Furfooz.

D'autres explorations plus récentes, dans les massifs d'Hulsonniaux, nous amenèrent à penser que le cours inconnu de la rivière, par la voie du sous-sol, pouvait bien se continuer au travers de la montagne qu'enserme le cirque bien connu de Chaleux. En d'autres termes, la Lesse souterraine couperait, présumons-nous, à peu près en ligne droite, la double boucle de la rivière qui coule à l'air libre (v. pl. III).

L'expérience à la fluorescéine que nous avons eu l'occasion de faire dernièrement — et qui avait été résolue depuis longtemps, mais pour laquelle nous attendions un moment favorable à sa réalisation — n'a fait que confirmer point par point, pourrait-on dire, et d'une façon indiscutable, nos hypothèses sur cette question.

Nous allons décrire maintenant, aussi sommairement que possible, les divers chantoirs, effondrements, etc., des massifs de Furfooz et d'Hulsonniaux, ou signaler quelques particularités ayant des rapports avec la Lesse souterraine, que nous avons reconnus, étudiés ou observés.

Nous terminerons cette communication par un exposé complet de nos expériences à la fluorescéine, expériences dont les résultats, ainsi qu'on pourra le constater facilement, sont intéressants à plus d'un titre.

Le Chantoir des Nutons, les gouffres de la Lesse et l'éboulis.

Le *Chantoir des Nutons*, ainsi baptisé par nous parce qu'il se trouve à proximité de la grotte préhistorique du même nom, consiste en un léger enfoncement du sol, en forme d'entonnoir, qui fait suite à une sorte de canal naturel ou de dépression perpendiculaire au cours de la Lesse. (Voir fig. 2.)

Lorsque la rivière est en crue d'environ 1^m,50, ses eaux s'engagent dans ce canal long d'une dizaine de mètres à peine, pour disparaître ensuite dans le « Chantoir des Nutons ».

Devant l'entrée de cette dépression et tout contre elle, dans le lit de la Lesse, existe un gouffre de 2^m,50 aux basses eaux. La rivière ayant aux environs une profondeur moyenne assez régulière, qui ne dépasse guère 70 centimètres, ce brusque enfoncement très localisé devait attirer notre attention. Nous verrons tantôt qu'il est très proba-

blement l'un des points de départ de la Lesse souterraine permanente.

Un peu en amont, au tournant brusque de la rivière, lorsque celle-ci vient buter contre la muraille escarpée des rochers de Furfooz, existe un deuxième gouffre, également localisé, et qui n'est distant du premier que d'une centaine de mètres. Ce nouvel affaissement dans le lit de la Lesse pourrait bien être aussi un point de perte servant à grossir les eaux de la rivière souterraine.

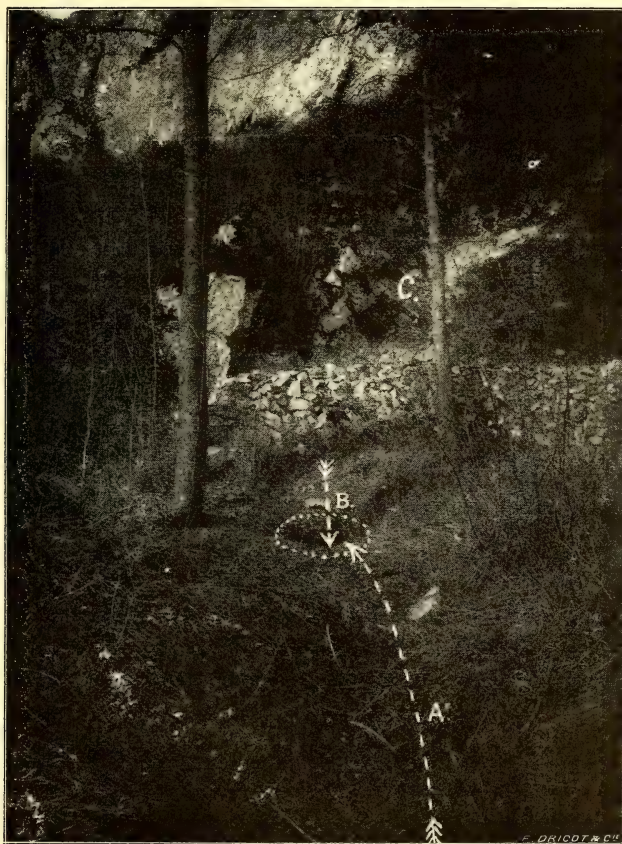


Fig. 3. — A. Canal. — B. Chantoir des Nutons. — C. Éboulis.

A moins de 250 mètres en amont du deuxième gouffre, on peut remarquer, au bord de la Lesse, dans la prairie, divers enfoncements qui jouent très certainement aussi le rôle de points d'absorption. A ce même endroit, la berge paraît également offrir quelques pertes capables d'alimenter d'une façon permanente le bras souterrain.

Faisant suite au « Chantoir des Nutons », il existait autrefois, avant

les travaux de déblais que nous avons entrepris là en 1900, une accumulation de roches écroulées s'échelonnant en trainée vers les flancs escarpés du massif et qui fut nommée par nous l'« éboulis ». Dès le commencement de nos recherches en ce point, des courants d'air assez intenses furent constatés entre les interstices de cet éboulis. Ces courants d'air méritent d'être signalés, parce qu'ils sont probablement en rapport avec celui qui s'échappe du « Trou-qui-fume », dont nous parlerons tantôt.

Au milieu de l'année 1900, C. Collard, de Furfooz, devenu depuis lors notre consciencieux fouilleur, fut chargé par nous de déblayer cette accumulation de roches afin d'atteindre la rivière souterraine, ou des excavations que nous espérions rencontrer derrière ce chaos. Malheureusement, après de grands efforts accomplis, nos travaux durent être interrompus; la fissuration très grande des roches voisines rendait ces recherches vraiment par trop dangereuses. Il nous aurait fallu aussi de plus importantes ressources, autrement dit le nerf de la guerre, que celles, très minimes, dont nous pouvions disposer, pour avoir quelques chances de réaliser le but poursuivi.

Nous avons et nous avons encore l'intime conviction qu'il y a de curieuses et instructives découvertes spéléologiques à faire si l'on pouvait continuer des investigations sous ces rochers.

Le « Trou-qui-fume ».

Le « Trou-qui-fume », situé à l'altitude de 58 mètres au-dessus du niveau de la Lesse et à une cinquantaine de mètres environ au S.-W. du « Chantoir des Nutons », constitue une sorte de puits ou plutôt de cheminée naturelle, à l'intérieur de laquelle on peut descendre, à l'aide de cordes, jusqu'à la profondeur de 20 mètres. L'étroitesse du passage, s'accroissant alors, empêche l'explorateur de s'y aventurer plus loin.

Le nom de « Trou-qui-fume » a été donné à cette cheminée parce qu'il s'en dégage, en hiver, d'abondantes vapeurs d'eau dont l'opacité est parfois si considérable qu'à distance, on pourrait croire qu'un feu a été allumé dans la montagne. Lorsqu'il gèle et lorsque l'état de l'atmosphère le permet, ces buées vaporeuses vont se déposer sur la paroi rocheuse qui surplombe l'ouverture d'où elles s'échappent, pour former d'élégantes stalactites de glace.

Par les grands froids, le refoulement d'air par cette cheminée est suffisant pour éteindre la flamme d'une bougie. A noter ici que le courant chargé de vapeur, tout en étant constant, n'est pas régulier; des

bouffées plus fortes les unes que les autres se produisent à intervalles inégaux. En plein été, au contraire, il y a aspiration aussi forte que le refoulement de l'hiver.

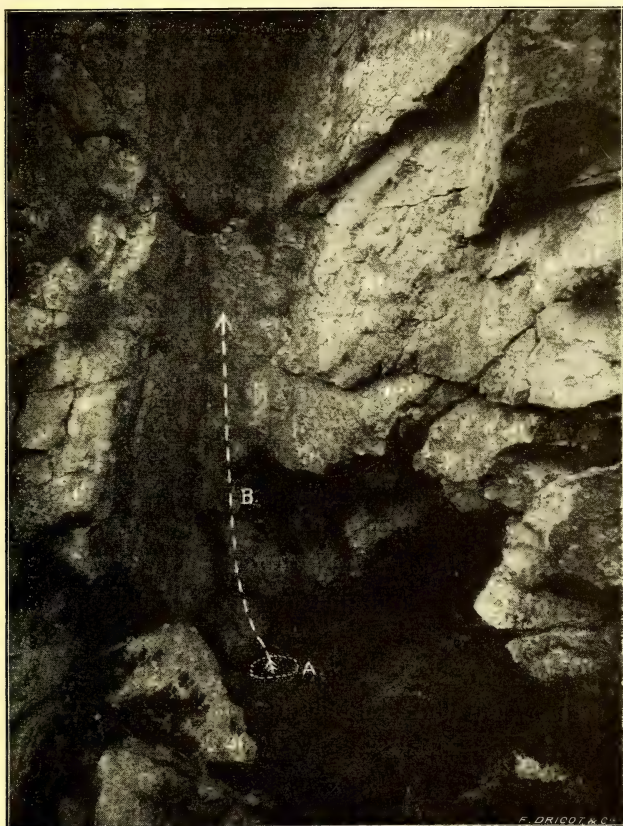


Fig. 4. — LE TROU-QUI-FUME.
A. Ouverture. — B. Courant d'air.

La température de l'air sortant par cette ouverture mérite également d'attirer tout particulièrement l'attention, parce qu'elle nous donne l'indication qu'il doit exister, dans le sous-sol profond du massif, une importante nappe d'eau et très probablement aussi de notables cavités. C'est ainsi qu'en décembre 1902, nous avons eu l'occasion de noter à deux reprises — le 21 et le 31 — des températures de 11°1 C. et de 11° C., alors que celles de l'air extérieur n'atteignaient respectivement que 7°6 C. et 4°5 C. La température des eaux souterraines, que nous avons pu observer nombre de fois dans la deuxième quinzaine de décembre et en divers points des massifs environnants, ne dépassait pas

9° à 10° C. Pendant cette même période, le thermomètre plongé dans les eaux de la Lesse variait entre 6°5 C. et 4°2 C.

Le 12 octobre 1901, nous avons déjà constaté ce courant chaud exhalé par le « Trou-qui-fume ». A l'air extérieur, le thermomètre marquait alors 5°7 C., tandis que, plongé dans le courant sortant du puits, il indiquait la température de 15°5 C., soit une différence en plus de près de 8° C. Les eaux de la Lesse étaient à la température de 10°2 C., donc inférieure de plus de 5° C. à celle du « Trou-qui-fume ».

Un exemple des plus frappants de ces différences de températures nous a été donné tout récemment, le 18 janvier dernier. Les eaux de la Lesse étant alors à 0°7 C., celles du « Puits-des-Veaux » et de divers points de la rivière souterraine observable étant toutes exactement à 9°5 C. — la moyenne thermique de l'année dans la région — et celle de l'air se trouvant être 0° C., le courant saturé de vapeurs qui s'échappait du « Trou-qui-fume » était à 10°9 C.

Or, une semaine de très fortes gelées a précédé le 18 janvier, et ce refroidissement très notable n'a fait baisser la température de l'air humide sortant du « Trou-qui-fume » que de 0°1 C. depuis le 31 décembre 1902. En tout cas, ces observations de températures nous montrent incontestablement que le « Trou-qui-fume », quoique très voisin, n'est pas en communication — à moins qu'exceptionnellement — avec la Lesse souterraine.

L'eau et par conséquent l'air qui circule au sein du massif, sous le « Trou-qui-fume », sont donc d'une température supérieure à la moyenne des milieux environnants. Nous pouvons dès lors avoir la certitude à peu près absolue que sous cette montagne il doit exister — comme nous le disions tantôt — un réservoir d'eau dont le volume doit être suffisamment considérable pour que le refroidissement de l'hiver ne puisse s'y manifester d'une façon sensible que très longtemps après.

Une autre hypothèse, moins probable, pour expliquer ce phénomène de haute température consisterait à admettre l'existence d'une source thermale dans la profondeur du massif en question.

Le « Puits-des-Veaux ».

Le « Puits-des-Veaux », situé dans un ravin descendant de Furfooz entre le massif du Châlet et le massif de la Fontaine, est ainsi désigné et connu des habitants du pays par suite d'une corruption du mot vallon. C'est certainement sous le nom de « Puits-du-Vallon » (Val, Vaux) qu'il fut baptisé autrefois.

Il s'ouvre dans le flanc de la montagne du Châlet et tout près de la Croix Collard, plantée au bord du chemin dit également des Veaux. Un sentier, que nous avons fait tracer très rudimentairement, part de la Croix Collard, élevée à la mémoire d'un habitant de l'endroit qui trouva la mort dans l'abîme dont nous allons parler, et descend de quelques mètres à peine pour atteindre le fond d'un ravin. Ce ravin ne reçoit que rarement les eaux du plateau de Furfooz, le ruisseau qui le parcourait autrefois dans toute sa longueur subissant de nombreuses pertes en amont. Notre chemin remonte le versant d'en face et gagne bientôt une sorte de terrasse constituant le rebord du gouffre ou « Puits-des-Veaux » qui se présente de l'autre côté.

Lorsque les buissons qui l'environnent ont perdu leur feuillage, on peut englober d'un seul coup d'œil l'ensemble de l'effondrement. De la petite terrasse mentionnée ci-dessus jusqu'au fond de l'abîme, il y a assez exactement 50 mètres de dénivellation. La paroi rocheuse d'en face s'élève à environ 45 mètres au-dessus de la nappe d'eau transparente qui s'étale au fond de l'entonnoir et surplombe celle-ci assez fortement, de manière à former un assez notable abri d'une sécheresse absolue.

Ce gouffre, creusé dans le faciès waulsortien du Tournaisien (calcaire carbonifère) et qui est dû à l'écroulement d'une caverne, montre sur ses parois des traces évidentes de corrosion par les eaux, ainsi que des surfaces de décollement et d'arrachement rocheux bien nettement visibles.

Par le côté Ouest, la descente s'effectue assez facilement sur des éboulis, surtout depuis que nous en avons facilité l'accès par quelques travaux d'aménagement.

L'expansion d'eau souterraine dont nous venons de parler s'étend contre la paroi surplombante de l'abîme sur une longueur d'environ 20 mètres et sur une largeur variable, en moyenne 5 à 4 mètres. Sa profondeur aux basses eaux atteint un maximum de 5 à 6 mètres à l'endroit où ce petit lac s'enfonce le plus sous le rocher, dans une sorte de galerie noyée, longue de 7 à 8 mètres, qui se termine par un siphon.

Nous avons déterminé exactement, au moyen du niveau à bulle d'air, l'altitude de cette nappe d'eau au-dessus de la Lesse. En prenant comme 0 le passage à gué situé en face du « Chantoir des Sources », nous avons trouvé que le lac était seulement de 20 centimètres plus élevé que ce premier point. La pente entre le « Chantoir des Nutons » et ce gué étant d'environ 4 mètres, on peut dire que le lac du « Puits-des-Veaux » est inférieur de cette hauteur à l'entrée de la Lesse souterraine sous l'éboulis.

Les eaux de ce petit lac sont habitées par un nombre assez considérable de jeunes poissons, des barbeaux semble-t-il. Ces animaux, amenés là par le cours souterrain de la Lesse, sont tous de petite taille, les pertes de la rivière ne permettant le passage qu'à des êtres très minuscules. Selon toute probabilité, le milieu assez obscur où vivent ces poissons n'est pas favorable à leur croissance ni même à leur existence, ce qui expliquerait l'absence d'exemplaires de dimensions normales. Un crustacé (*Asellus aquaticus*) se rencontre également au sein de ces eaux.

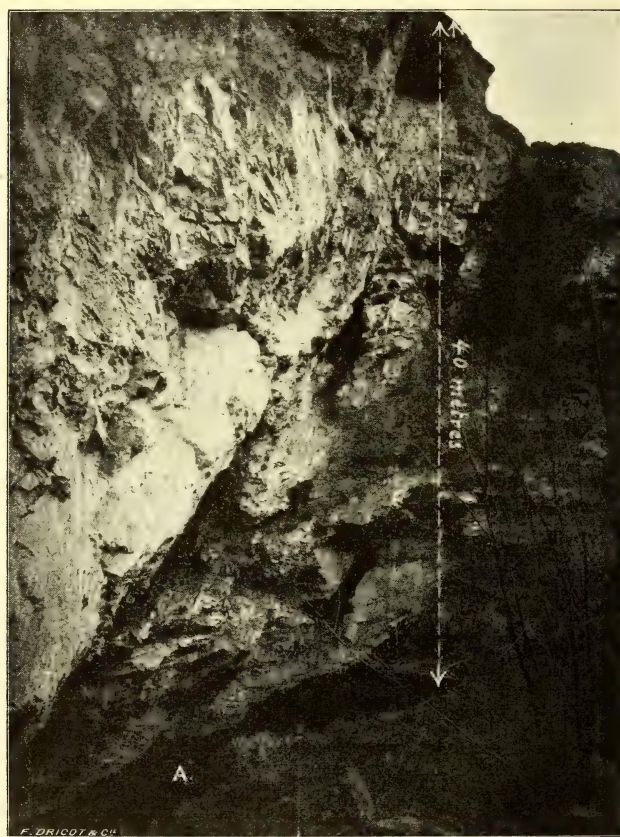


Fig. 5. — LE PUIT-DES-VEAUX.
A. Lac souterrain.

La température de ce lac est fort peu variable suivant les saisons. C'est ainsi qu'en plein été, le thermomètre, plongé dans ses eaux, marque 11° C. au maximum. En hiver, lorsque la Lesse est sensible-

ment à son niveau normal, la température des eaux reste invariablement stationnaire vers 9°5 C., qui est aussi la température moyenne de la rivière souterraine sur tout son parcours.

Le 31 décembre 1902, à la suite d'une période de plusieurs jours relativement chauds, nous pouvons constater que le lac était à la température de 9°6 C. et la rivière du sous-sol, en aval, au « Chantoir des Sources », à 9°5 C.

Le 18 janvier de cette année (1903), — l'air ayant ce jour 0° C. et la Lesse 0°7 C., — après une semaine de fortes gelées, alors que de longues stalactites de glace, prenant naissance aux parois rocheuses, descendaient jusqu'à la surface de la nappe d'eau, le thermomètre indiquait 9°5 C. La Lesse souterraine avait aussi exactement la même température, soit 9°5 C.

Tout cela nous donne une preuve évidente que le lac du « Puits-des-Veaux » est en communication permanente avec la rivière du sous-sol, ce que nous démontrerons également tantôt par une expérience à la fluorescéine. A voir cette nappe d'eau immobile en apparence et qui ne révèle aucun courant appréciable, on serait vraiment tenté de croire que ce lac est une mare stagnante, ce qui était du reste notre première impression.

La proportion de calcaire tenu en dissolution dans les eaux du « Puits-des-Veaux » ayant été trouvée supérieure à celle des eaux de la Lesse (1), nous voyons par là que l'action chimique par l'acide carbonique se manifeste déjà d'une façon sensible, quoique la naissance de la rivière souterraine n'en soit éloignée, à vol d'oiseau, que de 500 mètres à peine.

A mi-hauteur et vers la gauche en descendant dans le « Puits-des-Veaux », nous avons reconnu une galerie assez mouvementée, d'une trentaine de mètres de longueur, un véritable chaos de roches décollées, qui, finalement, se termine par un couloir bas et étroit, complètement obstrué par un bouchon d'argile. Ce bouchon se trouve être à un niveau de 1 à 2 mètres supérieur à celui du lac souterrain. Peut-être que des travaux de déblai, relativement faciles, entrepris de ce côté, amèneraient d'intéressantes découvertes spéléologiques.

Dans le même massif que celui où est creusé le « Puits-des-Veaux », nous avons encore à signaler deux points qui peuvent avoir des rapports avec le cours souterrain de la Lesse : ce sont le « Trou-du-Renard » et

(1) E. RAHIR et J. DU FIEF, *De l'action chimique des eaux courantes dans les cavernes ou dans les grands canaux souterrains*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1901. *Proc.-Verb.* 15 janvier 1901, pp. 11-29.)

un effondrement situé près du tunnel du chemin de fer (vers Chaleux).

Le « Trou-du-Renard », dont l'altitude est de 50 mètres au-dessus du niveau de la rivière, est une grotte préhistorique, qui a été fouillée par nous en 1900. Cette grôtte se termine par une galerie étroite descendante, dont l'inclinaison atteint près de 45° et qui coupe la galerie d'entrée. Ce boyau s'enfonce au sein du massif, et il est complètement obstrué par des cailloux roulés, cimentés par du limon et par des infiltrations calcaires, formant ainsi une sorte de poudingue peu consistant. Ces cailloux n'ayant pas été rencontrés dans le couloir d'entrée, où se trouvait uniquement du limon blocailleux, on peut être certain que la galerie descendante se continue en profondeur. Elle serait, croyons-nous, une voie d'accès possible vers la rivière souterraine, n'était la difficulté du travail de déblai à exécuter en ce point à cause de l'étroitesse du passage.

L'effondrement (indiqué sur la carte de la région) qui s'ouvre dans le flanc du massif, à environ 150 mètres en amont du tunnel du chemin de fer et qui n'est séparé de la Lesse que par un étroit bourrelet surélevé de quelques mètres au-dessus du niveau de la rivière, doit se trouver au voisinage du passage d'un bras de la Lesse souterraine. Nous croyons, tout au moins, que ce pourrait bien être là une ancienne sortie d'eau, à moins que l'effondrement en question ne soit dû à l'écroulement d'une petite caverne par suite de la corrosion du calcaire par les eaux du cours souterrain.

ÉTUDE SPÉLÉOLOGIQUE DE LA SECONDE BOUCLE DE LA LESSE, A FURFOOZ.

Nous abordons maintenant l'étude spéléologique du massif contenu à l'intérieur de la seconde boucle de la Lesse et qui s'abaisse vers le petit hameau de Chaleux. (Voir la carte de la planche III.)

En amont de ce minuscule village et de la tranchée du chemin de fer qui coupe le promontoire montagneux, à environ 150 mètres de cette tranchée, tout près d'une carrière abandonnée et au pied du massif, existe une petite ouverture qui nous fut signalée par notre fouilleur Collard, qui, ayant enlevé les quartiers de rocs empêchant l'accès de cette ouverture, s'introduisit dans ce trou inconnu et trouva bientôt un ruisseau qui s'écoulait dans une galerie souterraine.

Plus tard nous explorâmes ensemble et en détail cette grotte que nous avons nommée « Chantoir et galerie des Sources ».

Une zone de dépression, creusée dans la prairie et longeant le pied de la montagne, descend en pente douce vers l'ouverture mentionnée

ci-dessus, ouverture qui constitue l'entrée d'un ancien chantoir jadis en activité, lorsque les eaux de la Lesse se trouvaient à un niveau un peu supérieur au niveau actuel.

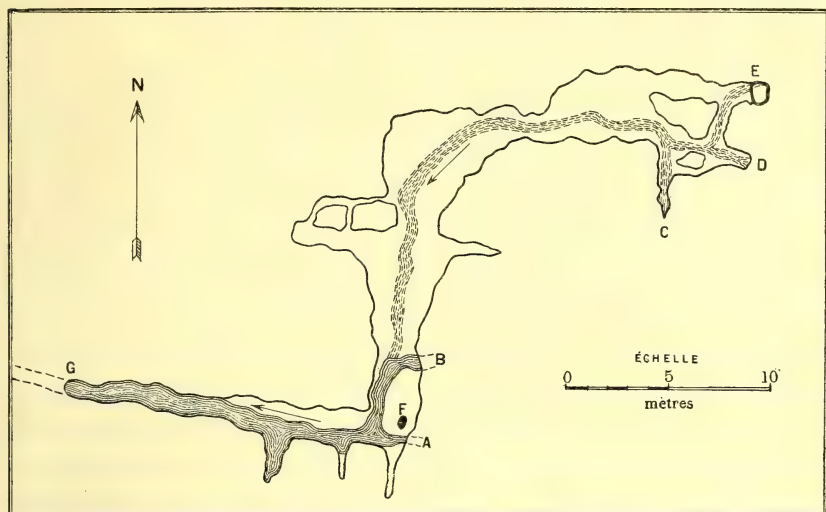


Fig. 6. — PLAN DE LA GALERIE DES SOURCES.

A B. Sources permanentes. — C D E. Sources temporaires. — E. Entrée.

F. La roche pédonculée. — G. Siphon.

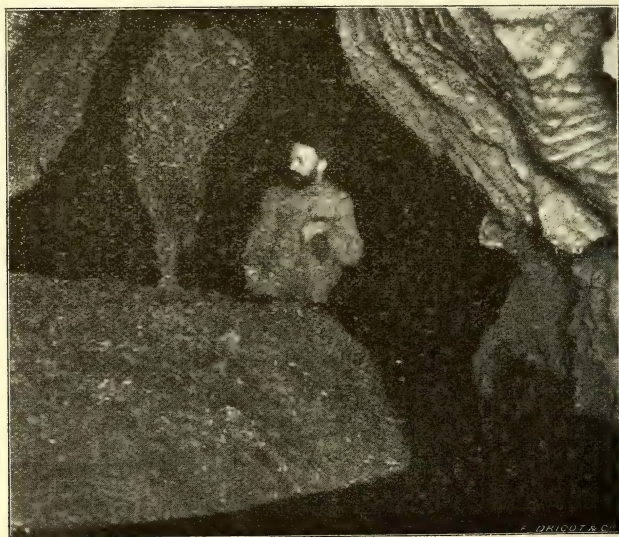
La galerie (voir le plan), longue d'environ 45 mètres, est coudée deux fois à angle droit. Certaines de ses parties ne sont accessibles qu'en rampant; dans d'autres, notamment dans sa partie centrale, on peut circuler à l'aise. Pendant l'époque des basses eaux, cette galerie n'est abordable à pied sec que jusqu'à une distance de 25 mètres de l'entrée. Au delà on remarque deux émissions d'eaux cristallines, distantes l'une de l'autre de 4 mètres à peine, dont la température n'est pas identique (l'une, A, étant, en été, à 9°9 C., l'autre, B, à 10°5 C.). Cette différence de 0°5 C. (moyenne) entre les deux sources a été constatée plusieurs fois. Ces fausses sources, qui se rencontrent à 1^m,40 sous le niveau de la Lesse à l'air libre coulant à 100 mètres de là, sont des résurgences de la Lesse souterraine, ainsi que nous le démontrerons tantôt. Elles forment un ruisseau qui s'écoule assez rapidement dans le dernier tiers de la galerie pour en noyer l'extrémité, qui se termine par un siphon infranchissable. Cette venue d'eau est permanente, même aux plus grandes sécheresses de l'été.

Pendant les périodes de pluies, lorsque les eaux de la Lesse gonflent et que par conséquent elles alimentent plus copieusement le bras souterrain, la galerie du « Chantoir des Sources » se remplit parfois

jusqu'à la voûte par des émissions d'eau provenant de C, D, E (voir le plan). La résurgence se produit alors par un nombre de points qui justifie le nom de « galerie des Sources » que nous avons donné à cette petite grotte.

La roche pédonculée.

Nous avons à signaler ici un très remarquable exemple de la corrosion chimique du calcaire par les eaux chargées d'acide carbonique, action si puissante, encore de nos jours, dans les galeries horizontales (1). Entre les venues d'eau A et B se dresse un curieux bloc de rocher ressemblant comme structure à une énorme éponge qui serait rattachée au sol par un très mince pédoncule en forme de lame de quelques centimètres à peine de largeur. (Voir la phot. ci-jointe.) Cette lourde masse rocheuse pédonculée, haute d'environ 1 mètre, perforée de multiples trous et soutenue par un si fragile support, qui est plantée au milieu de la galerie, n'aurait pu résister à une action mécanique de quelque importance due aux eaux souterraines. C'est un des plus intéressants exemples de ce genre que nous ayons rencontrés au cours de nos expéditions spéléologiques.



Cliché E.-A. Martel.

Fig. 7. — GALERIE DES SOURCES.

La roche pédonculée du point F.

(1) E. RAHIR et J. DU FIEF. *De l'action chimique des eaux courantes dans les cavernes ou dans les grands canaux souterrains.* (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1901. *Proc.-Verb.* 15 janvier 1901, pp. 11-29.)

Nous croyons utile de mentionner encore un ancien chantoir, actuellement obstrué, qui se trouve au pied du rocher contre lequel passe le sentier qui se dirige du « Chantoir des Sources » vers le hameau de Chaleux. Il se creuse à 250 mètres en aval du « Chantoir des Sources ». Très probablement les eaux engouffrées jadis en ce point rejoignaient le cours souterrain passant par la galerie des Sources.

Il est bon de rappeler ici textuellement ce que l'un de nous disait en 1901, à l'une des séances de la Société belge de Géologie, au sujet du ruisseau souterrain dont nous venons de parler (1).

« L'hypothèse à laquelle s'arrêtent actuellement MM. Rahir et Van den Broeck est que le ruisseau souterrain ignoré, dont ils ont pu observer une section sous le massif de la boucle de Chaleux, pourrait être la continuation, à l'Ouest, du court-circuit qu'ils ont, en 1899, évoqué pour expliquer les divers faits exposés par eux dans la région de la boucle de la Lesse, à Furfooz.

» Les sources faisant apparaître le ruisseau du nouvel aiguigeois seraient donc la résurgence des eaux de la Lesse engouffrées à proximité du « Trou-des-Nutons » et du « Trou-qui-fume », à l'escarpement de Furfooz. »

Comme nous le verrons tantôt, l'expérience à la fluorescéine confirme, d'une façon indiscutable, cette hypothèse émise il y a plus d'un an.

L'observation fréquente des températures de la Lesse, dont le cours passe à 100 mètres à peine du « Chantoir des Sources », comparées à celles du ruisseau souterrain (aux sources) nous indique que les eaux de ce dernier proviennent de loin.

Un exemple bien frappant nous fut donné le 2 juillet 1902. La Lesse avait alors la température de 20°5 C., tandis que les eaux du ruisseau souterrain étaient à 10° C.

Autre exemple caractéristique : le 18 janvier 1903, la Lesse étant à la température de 0°7 C., les eaux du chantoir marquaient 9°5 C.

Donc, pour une différence de 20° C. dans la température des eaux de la Lesse entre l'été et l'hiver, on ne constate qu'une variation de 0°5 C. dans celles du « Chantoir des Sources », ce qui écarte absolument toute idée de communication rapprochée.

(1) E. VAN DEN BROECK, *Quelques observations nouvelles faites à Furfooz, le 12 octobre 1901*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1901. Proc.-Verb. 15 octobre 1901. pp. 614-623.)

Le « Trou de la Loutre ».

A une distance approximative de 250 mètres en aval de la tranchée du chemin de fer, à Chaleux, c'est-à-dire de l'autre côté du promontoire qu'enserme une boucle de la rivière et au bord de la Lesse, existe un écoulement de quartiers de rocs qui nous fut signalé par les habitants de Chaleux. Cet effondrement fut porté à notre connaissance lors d'une expédition que nous fîmes en 1902 dans ces parages en compagnie de M. E.-A. Martel, le savant spéléologue français bien connu.

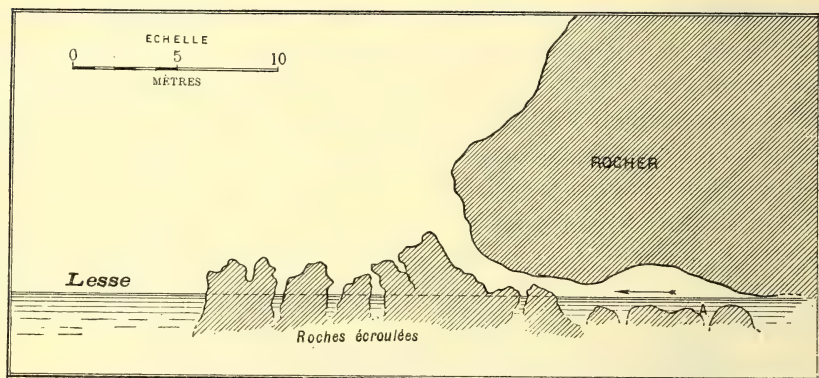


Fig. 8. — COUPE DU « TROU DE LA LOUTRE ».

Entre le chaos de pierre en question s'écoulaient des filets d'eau qui, provenant du sein de la montagne, se déversaient dans la Lesse.

M. Martel ayant constaté l'identité de température de ces eaux avec celles du « Chantoir des Sources », température très différente de celle des eaux de la Lesse, nous avons dès lors la conviction absolue que le ruisseau souterrain traversait en raccourci le promontoire montagneux.

Ultérieurement, lors d'une minutieuse exploration de cet écoulement connu des habitants du pays sous le nom de « Trou de la Loutre », nous découvrîmes, sous une roche surplombante restée en place, une expansion d'eau cristalline formant une sorte de petit lac souterrain qui était le rendez-vous d'un grand nombre de jeunes poissons. Aux basses eaux, il est possible, en se mettant à plat ventre, de reconnaître, au moyen d'une lumière assez vive, une première salle à voûte basse en forme de calotte. Cette voûte s'abaisse insensiblement jusqu'à la surface des eaux pour se terminer alors par un siphon mouillant à ce qu'il nous a paru. Peut-être la paroi se relève-t-elle bientôt pour abriter d'autres cavités; il faudrait se faire bien petit pour

s'assurer de cela, et ne pas craindre un bain prolongé. Avis aux amateurs que l'aventure pourrait tenter.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE A LA FLUORESCÉINE.

La première expérience à la fluorescéine que nous avons faite dans ces régions avait pour but de démontrer le passage sous le dernier massif dont nous venons de parler et de connaître la durée du trajet souterrain. Elle a eu lieu le 16 juin 1902, en présence et avec l'assistance de MM. M. Rahir et Fr. Verhas.

Ce jour, à 8 h. 10, nous déversons 100 grammes de fluorescéine dans le ruisseau souterrain permanent de la « Galerie des Sources ». Dès le moment où la matière colorante était jetée, l'un de nous, à tour de rôle, se trouvait posté au « Trou de la Loutre », dans le but d'observer l'arrivée de la fluorescéine après la traversée de la montagne.

A 15 h. 15, soit sept heures après le commencement de l'expérience, les eaux du « Trou de la Loutre » présentaient une très légère teinte verte. A 15 h. 50, la coloration était d'intensité beaucoup plus grande. Vers 18 heures, la teinte semblait encore avoir augmenté de puissance.

Le lendemain matin (le 17 juin), la fluorescéine devenait sensiblement moins visible. Vers 12 heures, la teinte était encore moins appréciable, et le soir à 18 heures, toute trace de matière colorante avait disparu des eaux.

En résumé, depuis le « Chantoir des Sources » jusqu'au « Trou de la Loutre », ce qui représente, à vol d'oiseau, une distance d'un peu plus de 500 mètres, la fluorescéine a mis sept heures pour parcourir ce court trajet et il a fallu environ vingt-quatre heures pour l'élimination complète de la matière colorante par le « Trou de la Loutre ».

Cette longue durée de sept heures pour une si minime distance, l'écoulement lent de la fluorescéine par le « Trou de la Loutre », l'exemple du petit lac qui se montre à la sortie, nous font supposer qu'il doit se trouver, entre le « Chantoir des Sources » et le « Trou de la Loutre », non seulement des siphons, mais aussi des expansions d'eau qui les uns et les autres retardent considérablement la vitesse du courant. Sans l'existence d'un ou deux petits lacs échelonnés sur le trajet du ruisseau souterrain, il serait difficile de comprendre pourquoi il a fallu si longtemps (24 heures) pour l'élimination complète de la teinte verte par le « Trou de la Loutre ».

Nous allons voir tantôt que la deuxième expérience à la fluorescéine, celle qui nous a démontré si péremptoirement le cours souterrain de

la Lesse, est encore plus démonstrative à ce point de vue et est applicable aux diverses sections du trajet.

De l'existence de cavités s'étendant au-dessous du niveau des eaux souterraines, on peut incidemment conclure à la possibilité d'existence de grottes dont l'exploration ultérieure resterait un objectif à ne pas perdre de vue.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE A LA FLUORESCÉINE.

Depuis la fin de l'été de 1902, nous avons remis à Collard, notre fouilleur, habitant de Furfooz, 500 grammes de fluorescéine et nous lui avons donné en même temps les instructions nécessaires et très précises afin qu'il pût préparer le commencement de l'expérience. Le mélange de la matière colorante devait se faire au « Chantoir des Nutons ». Or, la Lesse, aux fortes crues, n'y pénètre que trois ou quatre fois en moyenne par an et souvent même pendant très peu d'heures. Ces considérations empêchaient l'un ou l'autre de nous — à moins d'un hasard providentiel — de se trouver présent au moment favorable. Collard étant sur place pouvait seul nous rendre ce service, d'autant plus qu'il avait déjà assisté à ce genre d'opération. Il avait été convenu qu'il nous aurait télégraphié dès que le mélange aurait été opéré.

Au commencement de décembre 1902, une forte crue avait failli nous donner une occasion propice à l'expérience. Collard, qui était alors posté au « Chantoir des Nutons », a pu voir la Lesse monter fortement, mais, à son grand désappointement, les eaux avaient à peine atteint le niveau du chantoir qu'elles se sont mises à baisser d'une façon inquiétante. Il fallait bien se résigner devant un de ces caprices si fréquents de la rivière et remettre l'opération à des temps meilleurs. Ce moment attendu avec une assez vive impatience arriva le 18 décembre 1902.

A la suite de pluies prolongées, il se produisit à cette date une forte crue de la Lesse. Inutile de dire que Collard était là, sa fluorescéine en main, prêt à mélanger la matière colorante dès que la rivière pénétrerait d'une façon notable dans le « Chantoir des Nutons ». Cette fois, la Lesse ne nous joua plus le mauvais tour de se retirer au bon moment, comme elle le fit au commencement de décembre, mais, fait assez rare, elle se déversa pendant plus de trente-six heures dans ce chantoir.

Donc jeudi 18 décembre, à 9 h. 40, la fluorescéine (500 grammes) est mélangée en une fois et complètement avec les eaux limoneuses qui s'engouffrent dans le « Chantoir des Nutons ».

Un télégramme nous ayant averti, nous nous rendons à Furfooz

par le premier train qu'il nous a été possible de prendre, précédé de quelques heures par M. M. Rahir, dont l'assistance nous était utile pour l'observation des multiples points qu'il y avait lieu d'examiner très attentivement.

Immédiatement après nous avoir télégraphié, Collard se rendit au « Puits-des-Veaux » — il était 11 heures — et il put constater que, contrairement à ce qui s'était passé il y a deux ans, les eaux du lac avaient déjà monté de 1^m,50 avant l'arrivée de l'afflux provenant du « Chantoir des Nutons ». De plus, les eaux étaient transparentes, tandis que, en décembre 1900, elles étaient très limoneuses, comme celles de la Lesse.

En 1900, à la suite d'une crue extrêmement rapide, l'engouffrement était plus notable et les eaux du « Puits-des-Veaux » se troublèrent en même temps qu'elles se mirent à monter, ce qui arriva trois heures après l'entrée au chantoir, et leur niveau s'éleva alors de 1^m,80 (1).

En 1902, après une crue lente — de plusieurs jours de durée — et après une pénétration dans le chantoir moins copieuse qu'en 1900, non seulement on n'observa, à aucun moment, de trouble dans le « Puits-des-Veaux », mais on ne vit pas monter le niveau du lac.

Nous croyons que la crue lente qui se manifesta en 1902 a permis aux diverses pertes ou points d'absorption de la Lesse dont nous avons parlé précédemment — notamment ceux de la prairie à 200 mètres en amont des rochers de Furfooz — d'entrer en action longtemps avant la pénétration dans le chantoir. Ce seraient les eaux provenant de ces pertes qui auraient produit la hausse observée au « Puits-des-Veaux », hausse qui s'était manifestée probablement depuis un jour ou deux. La rapidité de la crue remarquée en 1900 a empêché alors pareil phénomène de se produire avant l'afflux amené par le chantoir.

Des échantillons d'eau ont été prélevés, à diverses reprises, dans le lac du « Puits-des-Veaux », comme du reste à tous les points en observation, afin de les examiner attentivement au fluoroscope Trillat-Marboutin.

Jusqu'à 16 heures, soit sept heures après le mélange de la matière colorante au « Chantoir des Nutons », aucune trace de fluorescéine ne s'était montrée au « Puits-des-Veaux ».

Muni de lumière et ayant allumé un grand feu, Collard s'installe au bord du lac souterrain et y reste en observation jusqu'à 23 heures. A cette dernière heure, la matière colorante n'avait pas encore fait son

(1) E. RAHIR, *Première observation sur une communication souterraine de la Lesse avec le « Puits-des-Veaux »*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XV, 1901. *Proc.-Verb.* 15 janvier 1901, pp. 7-10.)

apparition. Entre 18 et 25 heures, plusieurs oscillations ont été notées dans le niveau de la nappe d'eau. Ces oscillations, dont l'amplitude était de 25 à 30 centimètres, nous démontrent évidemment l'existence de siphonnements intermittents. Il y a deux ans, pareil phénomène n'a pas été observé, ce qui nous prouve la variation qui peut exister ici dans le fonctionnement des communications souterraines suivant l'afflux plus ou moins considérable des eaux.

Ce même jour, rien de suspect n'a été remarqué au « Chantoir des Sources » ni dans le cours de la Lesse, dont les eaux, toujours très limoneuses, ont atteint leur plus grande hauteur dans la nuit du 18 au 19. La température de la rivière était, le matin, de 6°5 C., et celle du ruisseau resté cristallin qui circule dans la « galerie des Sources », prise à l'entrée, — l'accès de la galerie étant impossible à cause de la hauteur des eaux, — était de 8°9 C.

Vendredi 19 (deuxième jour). — A 4 heures, notre infatigable Collard va jeter un coup d'œil au « Puits-des-Veaux » et, cette fois, une très légère teinte verdâtre ou plutôt un faible trouble, dû à la fluorescence de la matière colorante, lui indique la présence de la fluorescéine en très minime quantité. Cela a été reconnu ultérieurement d'une façon absolument positive par l'examen de l'échantillon au fluoroscope.

On peut admettre que la substance colorante était arrivée tout au plus depuis une heure; donc il a fallu dix-sept heures pour que les eaux engouffrées au « Chantoir des Nutons » effectuent le trajet d'environ 280 mètres, à vol d'oiseau, qui existe entre ce chantoir et le « Puits-des-Veaux ».

Comme les eaux de la Lesse étaient extrêmement limoneuses et qu'au lac du « Puits-des-Veaux » elles continuaient à rester transparentes, il est à présumer que des sortes de bassins de décantation, retardant la vitesse du courant souterrain et permettant le dépôt des matières terreuses en suspension, s'échelonnent sur ce parcours.

A 8 h. 30, les eaux du « Puits-des-Veaux », qui étaient à la température de 9° C., offraient encore la teinte caractéristique de la fluorescéine, mais infiniment plus marquée qu'à 4 heures. Le coloris de la nappe d'eau, vu du haut de l'effondrement, était alors d'une intensité telle, que toute personne, même non prévenue, en aurait été frappée. Le fluoroscope nous a indiqué dans la suite que c'était le moment de la plus forte coloration.

Vers 11 h. 30, la teinte verte du lac souterrain, tout en étant toujours intense, indiquait cependant, au fluoroscope, qu'elle était en très légère décroissance.

Ce jour, à 8 heures, la température de la Lesse était de 5°3 C.

Le « Chantoir des Sources », dont la distance, à vol d'oiseau, au « Puits-des-Veaux » est d'environ 400 mètres, n'offrait pas la moindre trace de fluorescéine.

Vers 8 heures, la température de ses eaux était de 9° C. et, à 17 h. 30, de 9°6 C.

Le « Trou de la Loutre », dont les eaux indiquaient 10° C. et étaient aussi parfaitement cristallines que celles du « Chantoir des Sources », ne contenait pas non plus le moindre vestige de matière colorante.

Samedi 20 (troisième jour). — Les eaux de la Lesse, qui se trouvaient alors à la température de 4°4 C., étaient sensiblement moins limonneuses que précédemment. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, elles avaient déjà commencé à baisser dans la nuit de jeudi à vendredi. Il en était de même au « Chantoir des Sources ». Samedi, la baisse s'accroît des deux côtés, dans la Lesse et dans le ruisseau souterrain.

Le « Puits-des-Veaux » offrait à 8 heures la teinte verte de la fluorescéine, mais avec une légère diminution d'intensité lorsqu'on la comparait à la nuance de la veille (appréciable seulement au fluoroscope). A 14 heures, le thermomètre, plongé dans le lac, toujours extrêmement vert, indiquait 9°5 C.

A 10 heures, les eaux du « Chantoir des Sources » avaient la température de 9° C.; aucune trace de fluorescéine n'était encore visible.

A la même heure, les eaux du « Trou de la Loutre », qui se trouvaient être à la température de 9°9 C., ne présentaient également pas la moindre coloration verte.

Dimanche 21 (quatrième jour). — Vers 9 heures, les eaux du « Chantoir des Sources » offraient — vues au fluoroscope — la teinte caractéristique de la fluorescéine, d'une intensité à peu près comparable à celle remarquée vendredi et samedi au « Puits-des-Veaux ». Température : 9°2 C.

Les eaux du « Trou de la Loutre », observées à 10 heures, avaient une coloration verte infiniment plus faible qu'au « Chantoir des Sources ».

Les premières traces de fluorescéine avaient probablement passé depuis environ deux heures lorsque cette constatation a été faite. Température : 9° C. En admettant que la sortie de la matière colorante se soit produite à 8 heures — ce qui approche de la vérité — elle serait apparue le même jour vers 1 heure au « Chantoir des Sources », si l'on prend pour base la première expérience à la fluorescéine, qui nous a donné une durée de sept heures entre ces deux points.

Cette base peut être considérée comme assez exacte, les eaux du ruisseau souterrain ayant fortement baissé et ne dépassant pas alors sensiblement le niveau du 16 juin.

D'après les données précédentes, on peut dire que les eaux de la Lesse engouffrées au « Chantoir des Nutons » ont atteint le « Puits-des-Veaux » en dix-sept heures. A vol d'oiseau, la distance entre ces deux points est d'environ 280 mètres. Du « Puits-des-Veaux » au « Chantoir des Sources », séparés l'un de l'autre de 400 mètres, la Lesse souterraine a passé en siphon sous le lit de la Lesse à l'air libre pour arriver au « Chantoir des Sources » quarante-six heures après. Enfin, de ce chantoir au « Trou de la Loutre », distant de 540 mètres, le trajet s'est effectué en sept heures.

La traversée totale des trois massifs de montagnes par la Lesse souterraine s'est donc effectuée en soixante-dix heures, soit en près de trois jours, pour une distance, à vol d'oiseau, d'un peu plus de 1 kilomètre.

Les vitesses du courant ont donc été — en prenant une moyenne pour chacun des intervalles entre les points observés — de 1 mètre en plus de trois minutes et demie depuis le « Chantoir des Nutons » jusqu'au « Puits-des-Veaux »; de 1 mètre en près de sept minutes entre le « Puits-des-Veaux » et le « Chantoir des Sources »; et de 1 mètre en un peu plus d'une minute entre le chantoir et le « Trou de la Loutre ».

Nous devons signaler ici ce fait intéressant, que le ruisseau souterrain avait fortement baissé lorsque la fluorescéine était arrivée au « Chantoir des Sources ». Aucune hausse n'a été observée pendant le passage de la fluorescéine dans la galerie de ce chantoir; la baisse des eaux a même continué régulièrement. Cela nous permet de conclure que l'afflux temporaire, ayant son point d'origine au « Chantoir des Nutons », n'entre que pour une faible part dans le total des eaux absorbées par les pertes de la Lesse aux environs des rochers de Furfooz, pertes qui constituent la Lesse souterraine permanente.

Voulant pousser l'expérience aussi loin que possible, nous avons encore fait des observations consécutives, puis à quelques jours d'intervalle.

Lundi 22 (cinquième jour). — Ce jour, à 8 heures, la coloration verte était intense au « Chantoir des Sources » et le thermomètre marquait 9° C. A la même heure, la température des eaux de la Loutre était également de 9° C. et la fluorescéine y était aussi visible qu'au « Chantoir des Sources », contrairement à ce que nous avons remarqué la veille.

Mardi 25 (sixième jour). — A 8 heures, la température était de 9°5 C. au « Chantoir des Sources » et de 9°6 C. au « Trou de la Loutre ». A la Loutre, la coloration était sensiblement plus intense que celle de lundi, tandis qu'aux Sources la fluorescéine commençait à diminuer.

Dimanche 28 (onzième jour). — Au « Puits-des-Veaux », la fluorescéine était encore parfaitement appréciable à l'œil. Il est vrai de dire que l'observation est facilitée ici par la transparence de même que par la grande profondeur du lac, atteignant jusque 5 et 6 mètres. Les eaux du « Chantoir des Sources » examinées au fluoroscope offraient encore très nettement la coloration verte, avec une intensité pas beaucoup moins forte que le 25.

Mercredi 31 (quatorzième jour). — Au « Puits-des-Veaux », la teinte, qui était à peu près invisible à l'œil, se reconnaissait encore au fluoroscope. L'examen comparatif de l'échantillon du 31 avec une eau dosée accusait une dilution approximative de fluorescéine à un milliardième. Température : 9°6 C. Au « Chantoir des Sources », la coloration était fort affaiblie, mais très sensiblement moins cependant qu'au « Puits-des-Veaux ». Température : 9°5 C. Les eaux de la Lesse marquaient ce jour 4°2 C.

En admettant — ce qui est à peu près certain — que la fluorescéine ait été presque complètement éliminée par le « Trou de la Loutre » trois jours après le 31 décembre, elle se serait écoulée de ce point dans la Lesse pendant seize à dix-sept jours.

A noter encore ici ce fait curieux que, à partir du jour où les eaux de la rivière se refroidissaient graduellement, — c'était le moment de leur plus forte hausse, — il se produisait un état général de température stationnaire dans les eaux du cours souterrain de la Lesse, mais avec des alternatives de réchauffement et de refroidissement.

18 janvier 1905. — A cette date, il nous a été donné de pouvoir faire quelques observations complémentaires qui démontrent la régularité de température des eaux de la Lesse souterraine lorsque son cours est normal. C'est ainsi que nous avons pu constater 9°5 C. en tous les points, tandis que la Lesse à l'air libre marquait alors 0°7 C. et l'air 0° C.

Depuis une huitaine de jours, de très fortes gelées s'étaient produites, mais ces froids intenses n'ont eu absolument aucune influence sur la rivière souterraine, qui a conservé sa température régulière de 9°5 C. depuis l'élimination de la plus notable quantité de fluorescéine, c'est-à-dire depuis le 23 décembre 1902. C'était à partir de cette dernière date que la Lesse souterraine avait repris son niveau normal.

Utilité pratique des études et expériences relatives à la circulation souterraine
des eaux en région calcaire.

En terminant l'exposé de notre étude de la Lesse souterraine à Furfooz, nous formulons ici le vœu de voir entreprendre systématiquement, en Belgique, des recherches et des observations de ce genre, en ne les appliquant pas exclusivement à un but purement scientifique, mais également à des points de vue pratiques intéressant la santé publique. Nous voulons parler des eaux alimentaires utilisées dans nombre de villages et qui — nous avons eu l'occasion de le constater fréquemment au cours de nos excursions géologiques et spéléologiques — sont parfois polluées ou bien *risquent de l'être* par des influences pernicieuses, pouvant d'ailleurs n'être qu'accidentelles ou temporaires, mais qui n'en sont pas moins dangereuses par un retour toujours possible. L'un des principaux éléments du danger est que, faute de connaissances d'une part, faute de réglementation efficace d'autre part, les intéressés, ne se doutant même pas de certaines actions néfastes pouvant avoir, à *distance*, leur répercussion sur les eaux alimentaires, captées ou émergeant sous forme de sources, sont livrés impuissants à la possibilité de graves infections et d'épidémies. Le typhus, notamment, n'a pas d'autre véhicule que des eaux alimentaires contaminées. Combien de sources dont se servent les habitants des campagnes, en pays calcaire, ne sont que de simples *résurgences*, pouvant amener par leur trajet souterrain des germes de maladies! Ne voyons-nous pas, à Chaleux, qu'à la sortie de la Lesse souterraine, les eaux sont toujours cristallines, et cependant elles pourraient, dans certains cas, être imprégnées d'impuretés et de germes nocifs, de même que, par un lointain déversement, nous les avons à volonté chargées de fluorescéine, que ne faisait pas disparaître un assez long parcours passant sous plusieurs montagnes et en syphon sous une rivière. Cet exemple montre que la limpidité parfaite d'une source n'est pas une garantie, ni une preuve de non-pollution.

Dans maints endroits, on se sert, comme eaux alimentaires, de sources qui très généralement sont limpides, mais qui arrivent parfois à se troubler, à la suite de fortes pluies. Elles sont donc alors incontestablement pernicieuses, puisque, sous l'influence de ces mêmes ruissellements externes qui les chargent de limon, elles peuvent s'imprégner aussi de purin, de résidus divers infects, de délavage de matières fécales, etc., des habitations rustiques. Combien de fois n'avons-nous pas vu — et de nombreux cas de l'espèce se trouvent mentionnés et relevés dans nos notes — des charognes, des cadavres d'animaux, soit égarés,

soit volontairement jetés, comme en de commodés dépotoirs, dans des fentes et cavités calcaires, non seulement des plateaux, mais encore des *bas-niveaux*. Souvent aussi, dans de telles conditions, ces ouvertures laissent s'engouffrer des ruisseaux aux ondes cristallines qui s'imprègnent de ces matières assurément peu hygiéniques, et qui, après un certain trajet sous terre, réapparaissent au jour — la fluorescéine nous l'a maintes fois prouvé — sous forme de pseudo-sources ou de résurgences, auxquelles l'édilité locale, ou le choix inconscient d'un auteur de projet, fait un sort en les « captant » pour des distributions d'eaux alimentaires. Si même, par suite de troubles périodiques trop avérés, on les délaisse administrativement, les populations insouciantes s'y alimentent quand les eaux sont « d'aspect limpide » et, tout au moins, le touriste assoiffé s'y désaltère avec délices, sans se douter qu'il boit un « bouillon » d'un genre peu classique et non des plus salutaires !

Et l'on s'étonne parfois que l'habitant fatigué ou émacié des villes, venu en d'agréables sites de villégiature pour se refaire du surmenage d'une vie fiévreuse, voie s'accroître, sans cause apparente, ses maux, qu'il croyait guérir par *l'air pur* de la campagne, sans se douter que son *eau impure*, devenue parfois malsaine ou accidentellement contaminée, dérange tous ces beaux calculs et éprouve sourdement des organismes affaiblis et moins rebelles à la maladie que ceux des robustes naturels de l'hospitalier petit « trou pas cher ». Nous pourrions citer telle localité de la région calcaire où, à l'époque des fortes pluies, on est fort embarrassé de devoir présenter aux villégiateurs et touristes, pour leurs soins de toilette, une eau devenue trouble et limoneuse, et qui cependant provient de la distribution, servant en temps normal à remplir, à table, les carafes d'un liquide d'une cristalline limpidité.

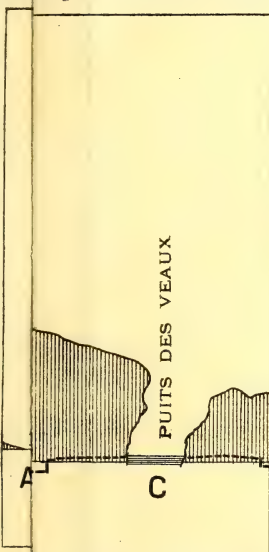
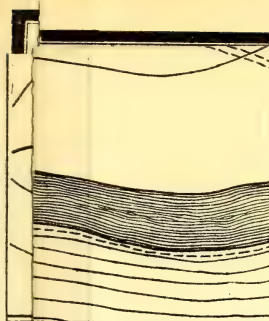
Il serait grand temps, en vérité, d'éclairer nos populations villageoises sur les dangers qui peuvent, dans certains cas, résulter pour elles de l'utilisation des eaux dont la provenance est inconnue ou non scientifiquement étudiée, ou tout au moins de *réglementer sérieusement* cette grave question de la préservation comme de l'étude approfondie des eaux potables en pays rocheux calcaire et même un peu partout. En France, M. E.-A. Martel, le savant spéléologue, si apprécié pour ses remarquables travaux sur cette question, a réussi à attirer l'attention des *pouvoirs publics* sur ce point. Espérons que nous parviendrons à faire de même en Belgique; c'est notre plus ardent désir.

SOMMAIRE

La Lesse souterraine. La traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz, démontrée au moyen de la fluorescéine	119
Le Chantoir des Nutons, les gouffres de la Lesse et l'Éboulis	122
Le « Trou-qui-fume »	124
Le « Puits-des-Veaux »	126
Étude spéléologique de la seconde boucle de la Lesse à Furfooz .	130
La roche pédonculée	132
Le « Trou de la Loutre »	134
Première expérience à la fluorescéine	135
Deuxième expérience à la fluorescéine	136
Utilité pratique des études et expériences relatives à la circulation souterraine des eaux en région calcaire	142

(Voir la planche III accompagnant ce travail)

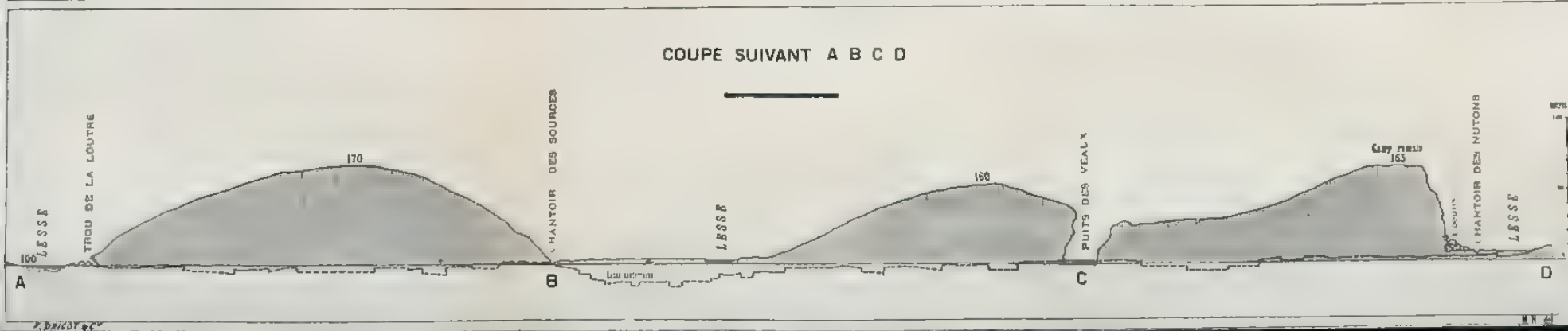
E



PUITS DES VEAUX

A

C





LE PUITS ARTÉSIEN

DE LA

TEINTURERIE DE MM. MOENS FRÈRES

ET LES

NIVEAUX AQUIFÈRES DU SOUS-SOL DE LA VILLE D'ALOST

PAR LE

Baron O. van Ertborn (1)

Le forage d'un puits artésien dans les établissements de MM. Moens frères, à Alost, nous a fourni l'occasion de faire une revision du travail publié en 1900 dans les *Annales de la Société géologique de Belgique* par notre confrère et ami le Dr D. Raeymaekers et intitulé : *Note sur la constitution géologique des alluvions modernes et quaternaires sous la ville d'Alost* (2).

L'auteur résume tout ce qu'il a pu apprendre sur les forages exécutés dans cette ville et donne une liste de vingt et un sondages.

Seize d'entre eux n'ont pas dépassé la nappe phréatique. Les cinq autres sont de vrais puits artésiens, ayant leur source dans des niveaux aquifères compris entre des couches imperméables. Ils sont jaillissants à Alost par suite du bas niveau qu'occupe la ville. Celui des établissements de MM. Moens frères est donc le sixième.

Quelques renseignements communiqués de seconde main à notre confrère manquent un peu d'exactitude; nous nous permettrons de les rectifier; qu'il veuille bien nous excuser : nous le faisons dans l'intérêt général.

(1) Présenté à la séance du 4 avril 1903.

(2) *Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XXV^{bis}, in-4°, p. 45, avec plan de la ville d'Alost au 10 000^e; 1900.

Les cinq puits artésiens catalogués par M. le Dr Raeymaekers sont les suivants :

	Profondeur.
1. Ancienne filature Van der Smissen, place Impériale (1 ^{er} puits).	114 mètres.
2. Id. id. id. (2 ^e puits).	210 »
3. Brasserie Burny-Burny (1 ^{er} puits).	160 ?
4. Id. (2 ^e puits).	160 ?
5. Établissement de MM. Smets et Cie	35 »

Dans le texte, l'auteur parle d'un puits foré à la brasserie de M. De Geest et qui aurait atteint la profondeur de 120 mètres; il aurait sa source à la base de l'étage landenien. L'eau n'aurait pu être utilisée, parce qu'elle était trouble, chargée de sable et d'une teinte bleuâtre (1). Le niveau hydrostatique s'équilibrait à la cote 14.20, soit à 0^m,60 sous le sol.

Depuis lors, la situation s'est améliorée, l'eau est utilisable et le débit au sol s'élève à 9 mètres cubes par vingt-quatre heures. D'après les sondages voisins, de l'ancienne filature Van der Smissen, située également place Impériale, il aurait sa source dans le sable landenien *L1d*, et non pas à la base de l'étage. Sa profondeur totale serait de 116 mètres, soit sensiblement celle du puits Van der Smissen n° 1. Aucun sondage n'a été exécuté à la brasserie Burny-Burny; il est à supposer que les renseignements se rapportent au puits artésien de la brasserie Burny-Antheunis, indiqué sur la carte qui accompagne le travail de notre confrère et dont il n'est pas parlé dans le texte. Le puits Burny-Antheunis, actuellement propriété de MM. Moens, débite au sol environ 25 litres par minute. Désirant l'utiliser au point de vue industriel et en tirer une plus grande quantité d'eau, on plaça une pompe, mais l'afflux de sable fut tel que le projet dut être abandonné. Nous eûmes l'occasion de mesurer sa profondeur. Elle est de 153 mètres. Le sol se trouvant à la cote 11 et le Primaire à la cote — 150, nous en concluons que le sondage a pénétré à une douzaine de mètres dans le quartzite devillien.

Il n'a certainement pas sa source dans les fissures des roches primaires, mais bien dans le sable landenien *L1d*. Le sable entraîné par l'eau provient de ce niveau; M. Ch. Fiévez a bien voulu en faire l'étude microscopique et le comparer au sable *L1d* retiré au sondage de MM. Moens. Ils sont identiques.

Les données relatives à l'un des puits Burny-Burny (*loc. cit.*, p. 49)

(1) Due sans doute à des matières argileuses.

paraissent donc se rapporter assez bien au puits Burny-Antheunis, quoiqu'il ne soit guère possible de garantir le fait. De plus, le diamètre 0^m,12 est le même; aussi restreint, il mettait obstacle à tout approfondissement du forage.

Nous avons donc éclairci dans la mesure du possible les données relatives aux puits artésiens douteux, forés à Alost; nous parlerons plus loin de ceux dont la genèse est bien connue.

M. Raeymaekers indique dans le sous-sol d'Alost sept niveaux aquifères en dessous de la nappe phréatique, savoir :

- 1° A la base des alluvions ;
- 2° A la partie supérieure de l'Ypresien ;
- 3° Dans la couche sableuse de l'Ypresien ;
- 4° Dans le sable landenien *L1d* ;
- 5° Dans la couche de silex verdis, base des dépôts tertiaires ;
- 6° A la base du Turonien ;
- 7° Dans les fissures des roches devilliennes.

Nous considérons tous les niveaux d'eau supérieurs à l'argile ypresienne comme n'en formant qu'un, parce que l'épuisement de la nappe comprise dans la couche de cailloux, base des dépôts quaternaires, assèche également toutes les eaux supérieures. Il n'y a donc aucune couche imperméable et continue qui sépare ces différentes nappes superficielles, et nous les réunirons en une seule, soit la nappe phréatique.

Les deux grands sondages que nous avons exécutés à Alost n'ont pas permis de constater la présence de niveaux aquifères, soit dans la couche de *silex verdis*, soit à la base du Turonien. Le dernier forage surtout, exécuté dans la partie la plus basse de la ville, était tout particulièrement favorisé pour révéler la moindre source artésienne. La petite source du niveau sableux ypresien fut reconnue immédiatement, malgré son faible écoulement.

Les niveaux aquifères se réduisent donc, à Alost, à quatre, savoir :

- a) La nappe phréatique, plus ou moins bonne et plus ou moins abondante, suivant le niveau auquel l'eau est captée ;
- b) La nappe de la couche sableuse comprise dans le grand massif argileux de l'étage ypresien ;
- c) La nappe du sable vert landenien *L1d* ;
- d) Le niveau aquifère discontinu des fissures du Devillien.

Les eaux de la nappe phréatique sont de qualité variable, rarement bonnes, souvent médiocres ou mauvaises, plus ou moins abondantes suivant la perméabilité du niveau auquel elles sont captées. Le maxi-

mum s'obtient évidemment au niveau de la couche caillouteuse, base des dépôts quaternaires, sans que pour un même puits la quantité puisse dépasser 3 mètres cubes à l'heure, et encore faut-il que les circonstances soient des plus favorables et que le puits soit isolé dans un certain périmètre.

Un sondeur des moins expérimentés avait promis 36 mètres cubes à l'heure, à l'aide d'une série de puits forés à la base de la nappe phréatique. Lorsque les réserves furent épuisées, ce qui ne tarda point, la venue horaire ne dépassait pas 3 mètres cubes et le débit d'un seul puits ou des douze réunis ne différait guère, et cela avec d'autant plus de raison qu'ils étaient groupés dans un espace restreint.

Ces faits sont bons à rappeler pour que la généralité puisse profiter des « écoles » faites.

M. Raeymaekers signale un puits de la nappe phréatique, foré à la brasserie de M. De Geest et débitant 40 mètres cubes à l'heure. Le chiffre est légèrement exagéré et doit être réduit à 3 mètres cubes.

Un fait intéressant est rapporté par notre confrère : celui de la rencontre d'un niveau perméable dans la grande masse d'argile ypresienne. Deux forages l'avaient atteint, l'un à la brasserie de M. Moens-Van Assche, l'autre à l'établissement de MM. Smits et C^{ie}, à environ 35 mètres au-dessous du sol. Il régnait un doute sur son existence, car certaines colonnes de tubages sont si peu étanches, qu'elles peuvent livrer passage aux eaux de la nappe phréatique.

Le niveau sableux perméable existe réellement, et nous l'avons percé au sondage de MM. Moens frères, à la cote — 28. Le sable est grisâtre, très fin, sa puissance est de 1 mètre et le débit de la nappe insignifiant. On ne peut y songer pour les usages industriels, mais cette source pourrait donner un résultat satisfaisant, comme eau alimentaire, aux endroits où toute eau potable fait défaut. Toutefois, elle devrait être captée dans de bonnes conditions, se déversant dans une citerne bien étanche, qui servirait de réservoir à l'écoulement lent de l'eau, et qui permettrait d'avoir une réserve, se reformant d'une manière continue.

La présence de cette couche sableuse n'a pas encore été signalée en d'autres points du pays dans l'argile ypresienne, masse que nous avons percée quatre-vingt-une fois. Cette couche est continue, sinon elle ne pourrait renfermer de niveau artésien; d'après l'allure générale des couches, elle doit affleurer à 5 ou 6 kilomètres dans la direction du Sud.

Nous en arrivons à présent à la nappe artésienne du sable landenien *L1d*. Elle se trouve à une centaine de mètres en dessous de la surface du sol et alimente le premier puits artésien qui fut foré dans la

ville d'Alost, en 1874, dans les anciens établissements de MM. Van der Smissen frères, place Impériale, sur le point culminant de la ville, à la cote 15.

Son débit n'est pas bien considérable au jaillissement ; l'eau est légèrement alcaline et de très bonne qualité. Elle sert depuis longtemps aux usages alimentaires et donne toute satisfaction. Le niveau hydrostatique de la nappe est voisin de la cote 20.

Nous avons vu précédemment que les puits de la brasserie De Geest et de l'ancienne brasserie Burny-Antheunis ont leur source au même niveau, soit dans le sable landenien *L1d*.

L'étage sparnacien n'existe heureusement pas dans le sous-sol de la ville d'Alost, mais les eaux artésiennes colorées de Denderleeuw, de Liedekerke et de Ninove prouvent cependant à l'évidence que sa limite orientale ne doit pas être bien éloignée d'Alost.

Tous les niveaux aquifères dont nous venons de parler ne brillent pas, les uns par la bonne qualité de leur eau, les autres par leur abondance. Nous en arrivons à parler des deux grands puits artésiens, profonds l'un de 210 mètres et le second de 204^m,15. Ils ont leur source l'un et l'autre dans les fissures du quartzite vert de l'étage devillien.

La coupe du premier, nous l'avons publiée il y a longtemps (1). Il y a quelques rectifications à y apporter dans la détermination des roches primaires.

Il est toujours en activité ; des expériences faites récemment à l'aide d'un compresseur ont accusé un débit de 800 litres par minute à une faible profondeur en dessous de la surface du sol.

En 1885, lors de son achèvement, il débitait à la cote 15, par écoulement naturel, 160 litres par minute. En cours de travaux, on constata les faits suivants :

1 ^{re} source (2)	à 174 ^m ,60	débit de	36 litres par minute.
2 ^e »	à 198 ^m ,60	augmentation de	72 »
3 ^e »	à 202 ^m ,20	»	52 »
4 ^e et 4 ^{bis} sources	à 203 ^m ,04 et 203 ^m ,63	»	80 »
		Total	240 litres par minute.

A 210 mètres, une nouvelle fissure fut découverte et l'écoulement au sol fut réduit à 160 litres par minute, ce qui prouve que la source con-

(1) O. VAN ERTBORN et P. COGELS, *Les puits artésiens de la station de Denderleeuw et de la filature de MM. Van der Smissen, à Alost*. (ANN. SOC. GÉOL. DE BELG., t. XIII, Mém. 1886.)

(2) Le toit du Primaire se trouve à la cote —130.50, soit à 145^m,50 sous la surface du sol.

tendue dans cette dernière fissure a son niveau hydrostatique en contre-bas du sol et que, par l'effet de la surcharge, elle absorbe une partie de l'eau des sources supérieures. On constata ensuite au pompage que l'augmentation de débit par mètre de profondeur était majorée et s'élevait à 60 litres.

Quoique distants d'environ 700 mètres (1), les deux puits profonds s'influencent considérablement. Les variations de débit au jaillissement du puits de MM. Moens oscillaient entre 75 et 185 litres par minute sous l'influence du pompage et de l'arrêt à l'autre puits.

Enfin, lorsque le compresseur fut placé dans le puits de MM. Moens, la pompe à simple effet qui puisait l'eau dans l'ancien puits dut être remplacée par un compresseur, le niveau de l'eau s'étant abaissé.

Les eaux qui circulent dans les fissures du quartzite devillien sont d'une pureté remarquable; pendant l'approfondissement du puits de MM. Moens, en plein battage une petite rotative puisait 500 litres d'eau par minute et la limpidité de celle-ci était telle, qu'elle était propre aux usages les plus délicats de la teinturerie.

L'augmentation de débit par mètre de profondeur est d'environ 50 litres par minute. Le compresseur marchant à 4 $\frac{1}{2}$ atmosphère donne 650 litres dans le même temps. S'il marchait à 8 atmosphères, il abaisserait d'autant le niveau de l'eau et le débit serait énorme.

La liste des puits artésiens existant à ce jour à Alost doit donc être rectifiée et complétée comme suit :

DÉSIGNATION DES Puits.	Dans l'Ypresien.	Sable <i>L1d.</i>	Devillien.
Van der Smissen (1 ^{er} puits)	»	—	»
Id. (2 ^e puits).	»	»	—
Burny-Antheunis.	»	—	»
De Geest	»	—	»
Smits et Cie	—	»	»
Moens frères.	»	»	—

Au point de vue géologique, la série des couches à traverser était bien connue. En ce point bas, dans l'îlot formé par les deux bras de la Dendre, à proximité du chemin de fer vers Bruxelles, les dépôts

(1) La direction est W.-S.-W. — E.-N.-E.

modernes reposent directement sur le Campinien, mais en dehors de la zone d'alluvion, le Hesbayen et le Flandrien sont incontestablement représentés à Alost.

L'étage ypresien a présenté l'anomalie signalée précédemment, d'une couche sableuse aquifère intercalée dans le grand massif argileux. La puissance de l'étage est de 90 mètres ; elle fut plus considérable, car de nombreuses *N. planulata* roulées et remaniées dans les dépôts quaternaires révèlent que ce niveau fossilifère a existé en ce point.

L'étage landenien est représenté par le sable vert *L1d* et l'argile à psammites ; sa puissance est de 51 mètres. Les *silex verdis* n'ont pas fait défaut ; il en fut retiré, entre autres, un du poids de 520 grammes. L'absence de niveau aquifère dans cette couche à gros éléments porte à croire que souvent elle ne forme que des amas discontinus.

Le groupe secondaire n'est représenté que par le Turonien, dont la puissance n'est que de 2^m,82 ; il est représenté par un peu de craie grise avec silex noir et par de la marne verte, se terminant à la base par la couche de cailloux de phtanite.

Ces cailloux, dont le poids moyen est de 3 grammes, ont déjà été signalés par nous, en 1886, dans les coupes des puits artésiens de la station de Denderleeuw et du puits n° 2 de la filature Van der Smissen, à Alost. On les a retrouvés dans un talus aux environs de Tournai, lors de l'excursion de la Société belge de Géologie en 1902 (1). Ils ne figurent pas dans la Légende de la Carte géologique au 40 000^e.

Le Primaire est le Devillien, bien représenté par le quartzite vert. Comme dureté, cette roche ne le cède à aucune autre. Ce n'est pas sans surprise que l'on constate que le Primaire représenté par des éléments aussi résistants ait pu être arasé comme une table. ▲ l'ancienne filature Van der Smissen, il se trouve à la cote — 150.50 et chez MM. Moens à — 150.80.

Coupe des terrains rencontrés au forage du puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères, à Alost.

Niveau du sol. — Cote 9.

		Mètres.
Terrain remanié		5.35
Moderne	{ Argile grise jaunâtre	0.75
	{ — grise, légèrement sableuse	0.60
		1.35

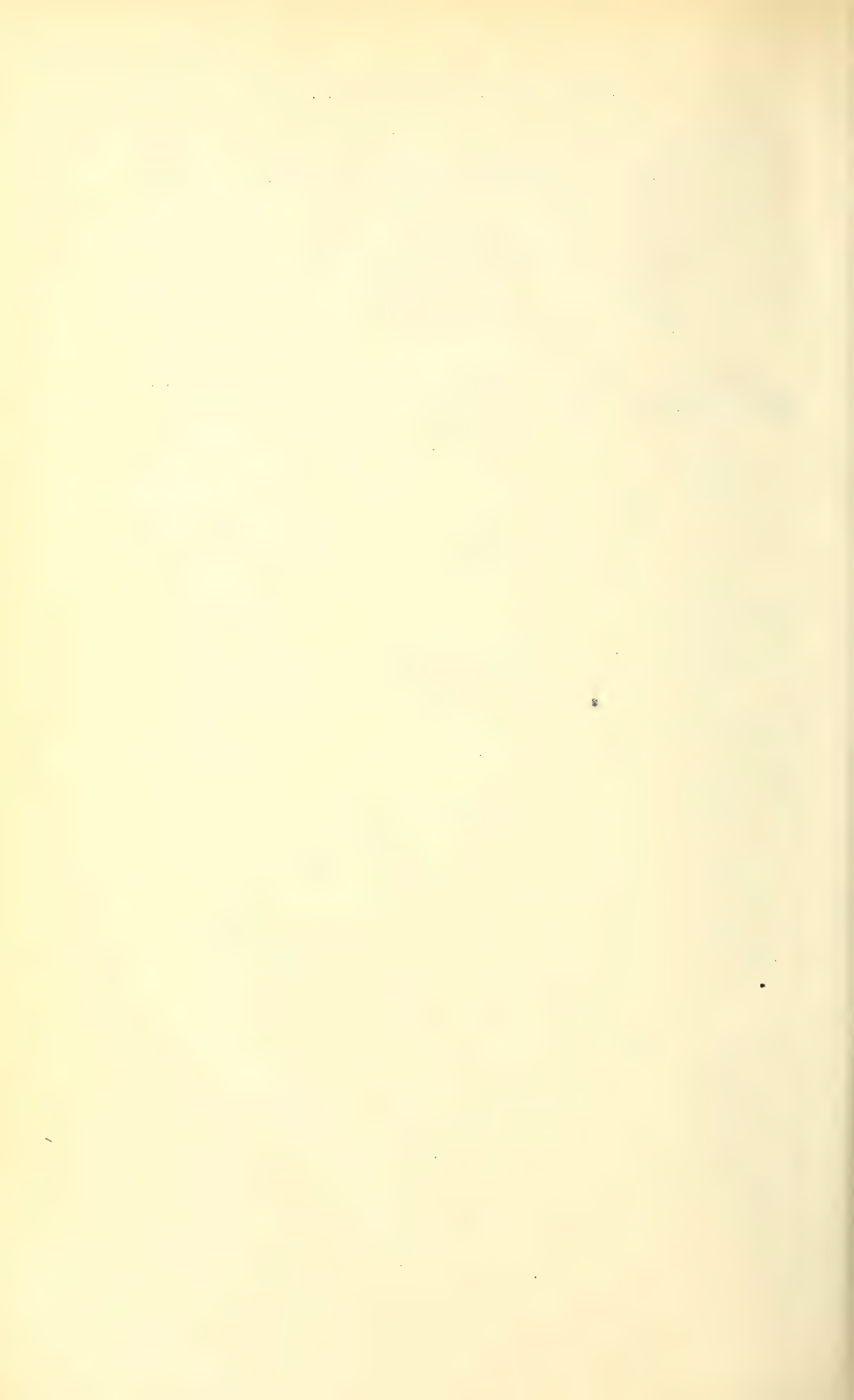
(1) Soc. roy. malacol. de Belg., t. XXXVIII, 1903, p. iv.

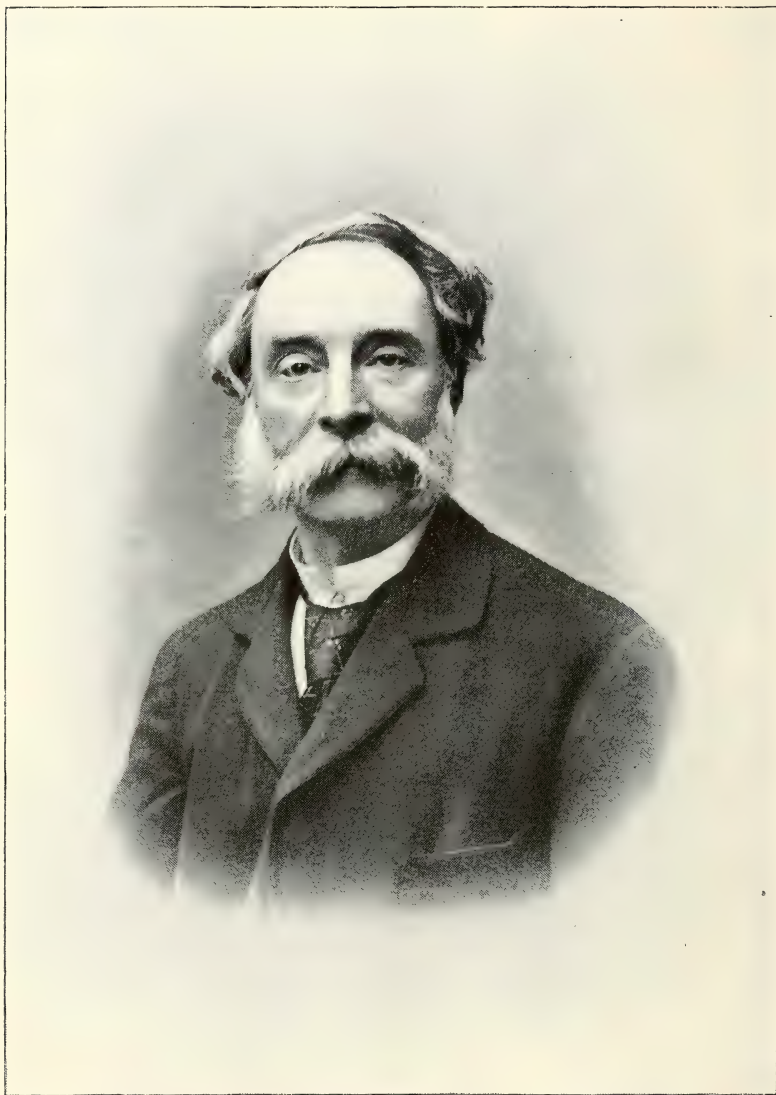
		Mètres.	
		Report	4.70
Quaternaire campinien.	Sable grisâtre, assez rude, pointillé de glauconie	3.40	
	Le même, plus fin, légèrement argileux	1.90	
	Sable grossier avec cailloux à la partie inférieure; silex, quartz, débris de grès tertiaires et <i>N. planulata</i> roulés; quelques-uns des cailloux sont empâtés dans la partie supérieure de l'argile sous-jacente	3.10	
			8.40
Tertiaire. Étage ypresien (assise ypresienne).	Argile grise plastique.	22.40	
	Sable gris très fin, rares paillettes de mica	0.80	
	Argile plastique gris foncé	67.45	
	Cailloux de silex roulés, du poids de 3 à 40 grammes, quelques-uns de quartz, la majeure partie de quartzite; ces derniers moins roulés que les silex.	0.10	90.75
Étage landenien (assise landenienne).	Sable gris verdâtre fin	8.90	
	Argile à psammites.	20.80	
	Sable cohérent, argileux, avec traces de fossiles.	1.45	31.15
Prétertiaire	Cailloux de <i>silex verdis</i> , dont un du poids de 520 grammes		0.13
	Un rognon de silex noir	0.20	
	Craie grise avec silex noir	1.12	
Crétacé. Étage turonien.	Marne verdâtre avec cailloux de phtanite et de quartzite roulés, épars dans la zone inférieure. Poids moyen : 3 grammes (moyenne de 150 cailloux)	1.50	2.82
Cambrien. Étage devillien (1).	?		
	Débris de quartz, de quartzite et d'une roche grisâtre à points noirs, deux fragments avec traces de fossiles (<i>Spirifer</i> ? Devonien ou Carbonifère?)		2.10
	Arkose chloriteuse micacée verdâtre.	10.15	
	Quartzite gris verdâtre micacé.	27.25	
	Schiste gris verdâtre pâle.	2.55	
	Quartzite vert noirâtre foncé	0.65	
	Quartzite gris verdâtre	23.50	
			64.10
			204.15

(1) Déterminations de M. C. Malaise, membre de l'Académie.

Mètres.				
A 146.00, fissure, source de 2 litres par minute.				
150.00,	—	augmentation de 10 litres par minute.		
150.55,	—	—	6	—
151.90,	—	—	5	—
152.25,	—	faible augmentation.		
169.00,	—	augmentation de 8 litres par minute.		
170.10,	—	—	29	—
172.70,	—	—	110	—
173.00, fissure.				

Par suite du pompage à l'ancienne usine Van der Smissen, les quantités furent fort difficiles à déterminer d'une manière exacte.





CHARLES DE LA VALLÉE POUSSIN

PROFESSEUR DE GÉOLOGIE, DE MINÉRALOGIE ET DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE
A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

MEMBRE ASSOCIÉ DE LA CLASSE DES SCIENCES DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE,
VICE-PRÉSIDENT DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE.

(Cliché prêté par la Société scientifique de Bruxelles.)

CHARLES DE LA VALLÉE POUSSIN

SA VIE ET SES TRAVAUX

PAR

Ernest VAN DEN BROECK

Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique,
Secrétaire général de la Société belge de Géologie.

La Géologie belge déplore profondément le nouveau et douloureux coup de faux que la Mort impitoyable vient de porter dans les rangs décimés de nos anciens dans la carrière.

Après Cornet et Briart, dignes représentants de la génération qui eut pour maîtres et amis d'Omalius et Dumont, voici le très estimé Ch. de la Vallée Poussin qui disparaît à son tour, agrandissant un vide profondément ressenti ! Bien que le sympathique professeur de l'Université de Louvain ne se fût pas enrôlé sous la bannière de la Société belge de Géologie, par suite de respectables sentiments de déférence envers des tiers et n'affectant en rien l'intérêt qu'il portait à nos travaux et à notre groupe, nous nous plaçons à lui rendre ici spontanément, et au nom de tous, un hommage respectueux et admiratif. Cet hommage nous est inspiré par sa belle et noble carrière, la valeur de ses travaux, la dignité de sa vie et enfin par les services qu'il a rendus à la Géologie belge, non seulement par ses recherches et travaux personnels, mais encore en initiant aux sciences qu'il professait avec talent et distinction, plusieurs générations d'élèves devenus à leur tour des contributeurs du progrès scientifique.

Avec l'amabilité qui était la caractéristique de sa personne, le savant professeur de Louvain autorisa notre Société, il y a quelques années, à reproduire dans son Recueil un exposé des plus intéressants, qu'il venait de présenter, en 1896, à l'Académie royale comme discours d'entrée à

la Classe des sciences et qui avait pour objet les *Rapports de la Géographie physique et de la Géologie*.

OEuvre d'un écrivain de race, mettant sa plume affinée au service à la fois d'un esprit éminemment philosophique et d'un savant éprouvé et vraiment encyclopédique, ce morceau de choix eut parmi les lecteurs de notre *Bulletin* un succès dont nous nous souvenons tous. Si donc Ch. de la Vallée ne fut pas de nos collègues, il devint toutefois de nos collaborateurs, et ainsi se trouverait doublement justifié, s'il en était besoin, l'hommage pieux et reconnaissant ici rendu à sa mémoire, faisant d'ailleurs suite, dans notre *Bulletin*, à celui rendu, dans les mêmes conditions, par Jules Cornet à Alphonse Briart.

Ch. de la Vallée Poussin est né à Namur, en avril 1827, d'un père français, brillant officier que son union avec la digne représentante de l'ancienne famille flamande des *de Cauwer*, fixée depuis plusieurs générations à Namur, décida à s'établir en Belgique. Ses parents y fixèrent leur résidence à partir de 1832, à la suite d'un décret ayant attaché M. de la Vallée comme officier étranger au service d'organisation de l'armée belge. Le futur géologue commença ses études dans sa seconde patrie, au Collège de N.-D. de la Paix, à Namur. Après un séjour studieux à Paris, que des motifs de santé l'empêchèrent, comme il l'aurait voulu, de faire aboutir à son entrée à l'Ecole polytechnique, il s'occupa librement, tant en France qu'en Belgique, pendant une douzaine d'années, d'études à la fois scientifiques, philosophiques et littéraires. Bien doué et s'étant richement documenté en ces champs intellectuels si différents, Ch. de la Vallée écrivit, sur les sujets les plus divers, des articles estimés et remarquables, publiés dans les recueils : *La Belgique*, la *Revue catholique de Louvain*, la *Revue belge et étrangère*, etc. Tout en ce faisant, il étendait largement le domaine de ses connaissances, devenues rapidement encyclopédiques.

Définitivement de retour en Belgique, et heureux d'y rejoindre ses parents, qu'il chérissait d'une affection des plus tendres et des plus dévouées, le jeune savant s'adonna bientôt avec ferveur, sous la direction de d'Omalus d'Halloy, à des études géologiques, qui lui fournirent sa voie et qui devaient lui ouvrir, ultérieurement, les portes de l'enseignement universitaire, par lequel il n'avait lui-même nullement passé comme élève.

C'est en 1863 qu'il fut, sur la recommandation expresse de d'Omalus d'Halloy, nommé professeur de Minéralogie et de Géologie à l'Université de Louvain, et, bientôt favorisé par l'heureuse circon-

stance de la création d'une École spéciale d'ingénieurs annexée à l'Université, il put arriver à faire acquérir aux cours de Minéralogie et de Géologie une importance et une portée qu'ils n'avaient jamais connues ni osé espérer avant lui. Vivifiés par la chaleureuse et éloquente impulsion du Maître, ces cours prirent bientôt un essor qui fut une véritable rénovation.

Pendant de longues années, Ch. de la Vallée consacra consciencieusement la majeure partie de son temps et de ses peines aux obligations et aux devoirs absorbants de sa tâche professorale, comprise par lui comme le but principal et presque unique de son existence. Grâce à son zèle et à son activité, les collections de l'Université de Louvain se rapportant à ses cours et qui, avant lui, étaient restées rudimentaires et surannées, devinrent importantes et même remarquables. Il lui fallut, pour atteindre ce but, s'astreindre durement à un labeur persévérant et obstiné, dont la difficulté matérielle était doublée par le discomfort que lui offrait l'éloignement de sa demeure et des collections universitaires dont il s'était fait à la fois le directeur, le conservateur et même le préparateur dévoué.

En 1874, avec la collaboration de M. A. Renard, il débuta dans le domaine des grands travaux scientifiques, par un coup de maître! Ces deux savants présentèrent, en effet, au concours de l'Académie, une remarquable réponse, ouvrage devenu classique et publié, en 1876, dans le recueil des *Mémoires couronnés, etc.*, de l'Académie, sous le titre : *Mémoires sur les caractères minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes de la Belgique et de l'Ardenne française*.

Un éloge mérité fut fait par les rapporteurs de ce travail, qui, pour la première fois en Belgique, appliquait — et qui le fit avec un succès complet — les méthodes d'investigation de la structure des roches à l'aide du microscope et de ses révélations.

La médaille d'or décernée par l'Académie fut la récompense justifiée de cette heureuse et féconde initiative des deux savants auteurs du mémoire.

Comme le dit l'un des rapporteurs, plus de cent cinquante plaques minces, taillées dans les roches qu'étudie le mémoire des éminents spécialistes, ont servi de base à leurs investigations à l'aide des méthodes de la microscopie lithologique. Cette circonstance, jointe aux nombreuses planches colorées exhibant ces révélations toutes spéciales, firent une sensation d'autant plus grande qu'à cette époque, les lecteurs de langue française étaient encore privés de traités ou de guides

exposant ces méthodes d'étude, que l'Allemagne avait cependant mises en honneur.

Disons maintenant quelques mots du mémoire.

L'historique de la question, fort bien traité, est suivi d'une série de descriptions s'appliquant à la diorite quartzreuse de Quenast (1) et de Lessines, au *gabbro* de Hozémont, aux porphyroïdes de Fauquez, de Rebecq-Rognon (Brabant), de Pitet (Méhaigne) et de Steenkuyp. Les arkoses de la vallée de la Senne, en Brabant, sont décrites ensuite dans leurs multiples variétés. De même, l'hypersténite ou *gabbro* de Grand Pré (Mozet), la roche, reconnue non éruptive, constituée par la porphyroïde de Monstreux, diverses eurites quartzreuses (Grand-Manil, Nivelles, etc.), l'eurite schistoïde de Marcq (près Enghien), roche sédimentaire et en concordance avec les dépôts siluriens encaissants, sont tour à tour passées en revue par les auteurs dans la partie complémentaire de leur *Mémoire*, fournie en 1876. Le groupe belge comprend encore l'examen du porphyre quartzifère de Spa et de la diorite quartzifère du Champ-Saint-Véron, à Lembeek (Brabant).

Des roches cristallines curieuses, enclavées dans les poudingues primaires de Fépin (à Boussale) et de Burnot, forment encore, avec de curieuses brèches ferrugineuses, l'objet de recherches complémentaires intéressantes.

Les roches dites plutoniennes de l'Ardenne française font l'objet d'une rubrique spéciale, quoique moins développée, surtout dans la première partie, déposée en 1874, du *Mémoire*; et les auteurs combattent la thèse de Dumont qui, tout en reconnaissant la concordance de ces dépôts avec les couches sédimentaires qui les englobent, en faisait des filons couchés éruptifs.

Dumont avait rapporté ces roches cristallines françaises à des variétés d'hyalophyre, de diorite et d'albite.

MM. de la Vallée et Renard en font des porphyroïdes et des amphibolites. Ils ont spécialement étudié dans le complément ou plutôt dans la seconde partie de leur *Mémoire*, présentée à l'Académie en 1876, la très intéressante roche porphyroïdique de Mairus.

Contrairement aux vues de d'Omalus et de Dumont, qui y voyaient des filons injectés parallèlement au plan des couches, les auteurs font de ces porphyroïdes des roches contemporaines des terrains où elles sont intercalées. Ils arrivent à cette conclusion que : « comme les roches porphyriques des environs de Mairus sont régulièrement interstratifiées dans le terrain cambrien, comme elles possèdent une structure

(1) Actuellement ce nom est remplacé par celui de porphyrite.

incontestablement schistoïde dans beaucoup de bancs et qu'en même temps elles ne sont pas de nature clastique, il faut les rapprocher des roches schisto-cristallines qui jouent un grand rôle dans les terrains les plus anciens ».

Les roches porphyroïdiques de Laifour, de Revin, etc., toutes interstratifiées, d'après les auteurs, sont étudiées par eux et rapportées aux quatre types suivants : Diorite schistoïde, Amphibolite granitoïde, Amphibolite schisteuse et Chloritoschiste amphibolique.

Les auteurs considèrent ces formations régulières et interstratifiées comme s'étant cristallisées en grande partie au fond de la mer cambrienne, très peu de temps après le dépôt, et quand les matériaux étaient encore à l'état plastique. Ces phénomènes se seraient opérés à deux époques différentes, correspondant au Revinien et au Devillien.

Les conclusions de Dumont et d'autres sur le métamorphisme à distance qui aurait agi sous l'influence des prétendues roches pluto-niennes de Mairus, s'écroulent d'elles-mêmes d'après ces vues des deux auteurs et ne peuvent plus, d'après eux, servir à expliquer la modification des phyllades devilliens en phyllades aimantifères, caractère qui, seul, les différencierait des couches analogues de Fumay.

Ce sont surtout les roches belges, ainsi que celles de Mairus et de Laifour, que les auteurs du *Mémoire* ici analysé ont étudiées sous le microscope, sans cependant négliger entièrement les données fournies, pour certaines d'entre elles, par l'analyse chimique. La résultante de ces importantes recherches fut de faire abandonner pour la plupart de ces roches, la thèse d'une origine ignée. Les auteurs montrent que les divers types de porphyroïdes qu'ils ont soumis à l'investigation microscopique sont des roches clastiques, d'origine sédimentaire, ayant subi des actions métamorphiques rappelant celles constatées dans les strates siluriennes du voisinage. Il y aurait eu, antérieurement au dépôt des porphyroïdes dans la mer silurienne, — disons aujourd'hui « cambrienne », — des masses cristallines voisines restant à découvrir et d'origine analogue à celle des « diorites » de Quenast et des autres roches similaires. La preuve de ces phénomènes de transport et de décomposition est venue, à diverses reprises, confirmer ces vues, étendues aussi, par les auteurs, aux arkoses du Brabant, dont certaines avaient été erronément considérées comme éruptives ou métamorphiques. Nous considérons, disent les auteurs, ces arkoses comme des couches sédimentaires contemporaines du terrain silurien (*alias* cambrien), lesquelles dérivent probablement de roches éruptives du type dioritique, déjà émises à la même époque.

Quant aux roches cristallines dites dioritiques, de Quenast, Lessines, Rebecq-Rognon, et quant au porphyre quartzifère de Spa, ce sont, avec quelques autres types voisins, des roches incontestablement éruptives, dont la zone d'altération, parfois très profonde, masque certains caractères initiaux et fait croire aux auteurs qu'il y a lieu de tenir compte d'émanations hydrothermales postérieures au dépôt. Le microscope a naturellement décelé, dans ces diverses roches, la présence de substances minérales très rares et même inconnues auparavant en Belgique, la plupart se présentant sous forme de microlithes. Le quartz a, de son côté, fourni des enclaves liquides, dont certaines ont même décelé de minuscules cubes de sel marin. Qu'il me soit permis de rappeler à ce propos que le Dr Zirkel, étudiant ces mêmes enclaves liquides du quartz de la roche de Quenast, a constaté qu'elles renferment parfois, en même temps qu'une solution saturée de sel marin, un cristal de la même substance, résultant du refroidissement jusqu'à la température ordinaire d'une solution qui était primitivement sursaturée. Comme ces cavités représentent les particules de l'eau chaude et sursaturée, au contact de laquelle le quartz s'est pris en masse solide, MM. de la Vallée et Renard ont pu, en mesurant le volume de ces divers éléments et par une série de calculs très simples d'ailleurs, évaluer les températures et les pressions nécessaires pour amener les réactions dont les produits se présentaient sous forme d'enclaves liquides et solides. En dernière analyse, ils sont ainsi arrivés à admettre que le phénomène éruptif qui a mis en présence les eaux salées de l'océan et la masse pâteuse du quartz venu des profondeurs, s'est passé à une profondeur sous la surface des mers qui a été évaluée à environ 870 mètres.

Soit à titre personnel, soit avec son collaborateur M. Renard, le sagace professeur de Louvain s'appliqua ensuite à élucider de nombreux points, les uns se rattachant à des études de cristallographie et de lithologie microscopique, des roches cristallines surtout, les autres à des questions de stratigraphie primaire, relatives aux terrains devonien et carbonifère. La connaissance de ce dernier terrain, notamment, lui doit de fort remarquables éclaircissements et progrès.

Il suffit, pour s'en convaincre, de parcourir le *Compte rendu de la Session extraordinaire de la Société géologique de Belgique, tenue à Dinant les 1^{er}, 2, 3 et 4 septembre 1888*, publié par M. Ch. de la Vallée Poussin dans le tome XVI (1888-1889), pages CIII-CLVIII, des *Annales de la Société liégeoise*.

Le but de l'excursion était de vérifier sur place la légende du Calcaire carbonifère, publiée par M. Éd. Dupont à l'occasion de ses levés géologiques, légende qui était contestée par M. Ch. de la Vallée et par plusieurs de ses confrères, notamment MM. G. Dewalque et de Dorlodot. La théorie des *lacunes* surtout, mise en œuvre avec une exagération manifeste par M. Éd. Dupont, n'avait pu rallier les suffrages d'aucun observateur compétent en ce qui concerne son application aux diverses successions régionales de strates fournies par le Calcaire carbonifère.

L'une de ces lacunes, la plus importante et la plus générale d'après M. Éd. Dupont, est invoquée, par cet auteur, pour fournir la raison de l'absence, au cœur même de la région dinantaise, de l'importante subdivision médiane proposée par M. Dupont sous le nom d'*étage waulsortien*, séparant normalement l'étage tournaisien de l'étage viséen.

M. de la Vallée guida ses confrères à Yvoir, où l'on explora le bord nord du bassin carbonifère, puis à Hastières, où l'on y étudia le bord sud, après avoir exploré la région (rive gauche de la Meuse) où le Waulsortien constitue le terme typique bien développé de l'étage waulsortien. Enfin, une journée d'exploration servit à relever, en certains points de la coupe d'Anseremme à Falmignoul, des faits ayant provoqué d'ardentes controverses.

Les démonstrations fournies par M. de la Vallée furent jugées absolument lumineuses et concluantes sur la plupart des points controversés, et conformes à ce que pensaient des faits MM. Ch. de la Vallée, H. de Dorlodot et G. Dewalque. Sans méconnaître en rien les mérites de M. Dupont, ni les utiles éclaircissements qu'il a apportés dans la genèse toute spéciale des calcaires « construits » dits waulsortiens, et dus à l'action biologique d'Hydrozoaires (Stromatoporoïdes) ayant jusqu'alors échappé aux recherches, le savant observateur qui dirigeait l'excursion fit une remarquable mise au point des questions controversées et montra combien étaient peu justifiées les reconstitutions géographiques maritimes que M. Dupont croyait pouvoir déduire de ses observations sur les dispositions des calcaires construits. Il montra qu'il n'y avait que de simples superpositions là où M. Dupont invoquait le résultat du remplissage de prétendus chenaux séparant des récifs déjà construits dans leur ensemble et invoquait par conséquent des rapports chronologiques tout autres que ceux d'une simple succession de couches alternantes.

Après les deux premières journées d'excursion, l'un des géologues présents, M. Lhoest, résuma d'une manière topique, qui reçut l'entière

approbation de M. de la Vallée, le résultat des observations faites sous la conduite du savant professeur :

Dans ce que nous avons vu hier et aujourd'hui, dit-il, y a-t-il de vrais massifs coralliens, possédant les caractères que Darwin et Dana, notamment, ont si nettement définis? Je ne le pense pas, et du débat qui précède, il semble résulter que c'est bien là l'impression de toute l'assemblée. Les masses coralliennes que nous avons eu le loisir d'étudier constituent plutôt d'énormes fossiles, répartis plus spécialement à un niveau déterminé du Calcaire carbonifère et contre lesquels viennent buter les couches qui les enveloppent.

La grande variété des *facies* a été nettement observée pendant la troisième journée, et la notion des remplacements mutuels de couches s'est imposée en présence des faits magistralement mis en relief par M. de la Vallée.

En résumé, si, sur le point particulier relatif à la distinction ou à l'identification du calcaire gris subcompact (Wa) faisant partie de l'« étage waulsortien » et du calcaire gris compact à phthanites constituant, avec un calcaire bleu, le VIa de l'assise de Dinant, de l'étage viséen, la discussion restait encore ouverte, il y eut accord complet et absolu, de la part de tous les excursionnistes présents, pour admettre, contrairement aux théories de M. Éd. Dupont : 1° les vues, exposées et commentées sur place par M. de la Vallée en présence des faits, traitant de la question des soi-disant récifs de coraux avec l'appareil évoqué de leurs chenaux et de leurs lagunes; 2° l'interprétation du savant guide de l'excursion sur la théorie des lacunes.

Les démonstrations fournies sur place par M. de la Vallée et leur exposé dans le compte rendu qu'il publia de cette mémorable excursion constituent certes une précieuse contribution dans le progrès d'une question des plus difficiles et des plus ardemment controversées.

Plus tard, dans une étude critique, publiée à Liège en 1890 et intitulée : *Note sur les rapports des étages tournaisien et viséen de M. Dupont avec son étage waulsortien*, l'auteur, développant ses premières études de 1888 sur la question, résout définitivement la question de l'interprétation rationnelle du Waulsortien dans un sens adopté depuis lors par les spécialistes en la matière, notamment par M. le chanoine de Dorlodot, par MM. G. Dewalque, Lohest et Stainier, sens auquel s'est conformée la légende de la Carte géologique du royaume.

En séparant son Tournaisien de son Viséen par un étage « waulsortien » constitué de calcaire dû à des organismes, édifiant des masses

calcaires non stratifiées, et de calcaire ou dolomie à crinoïdes, ayant rempli les chenaux séparant ces récifs entre eux et de la côte, M. Éd. Dupont avait proposé une base de classification pratique et intéressante, qu'il eût été agréable à tout le monde de voir se confirmer; malheureusement, M. de la Vallée dut, dans l'intérêt de la vérité, se résoudre à combattre de nouveau les vues de son confrère de l'Académie, dont la classification ne répond pas à la réalité des faits. Les roches massives du Waulsortien ne sont, à proprement parler, qu'un facies corallien, fort intéressant sans nul doute et d'une origine bien différente, comme l'a très bien démontré M. Dupont, des masses de calcaire sédimentaire entre lesquelles il est englobé. M. de la Vallée montra alors, outre l'inexistence des prétendues « lacunes stratigraphiques » produites par l'absence des dépôts waulsortiens, que le Waulsortien ne constitue en réalité qu'un *simple facies*, synchronique de formations stratifiées, d'origine et de caractère bien distincts, et qu'enfin ce facies est contemporain tantôt de couches *tournaisiennes*, tantôt de couches rapportées par M. Dupont à son étage *viséen*. Le soi-disant étage waulsortien devait donc être supprimé comme tel et être représenté par un ensemble de facies spéciaux de dépôts situés vers la partie moyenne de notre calcaire carbonifère, facies particulièrement développés régionalement dans certaines parties du bassin. Les corrélations des facies divers, waulsortien et autres, et les passages insensibles qui les relient latéralement entre eux, ont été observés par M. de la Vallée avec le soin et la conscience qu'il savait mettre dans des observations de l'espèce. Aussi ses conclusions, restées inattaquables, ont-elles prévalu dans la science et élucidé ce qui, auparavant, par suite de l'énorme développement régional ou localisé des masses waulsortiennes, constituait une véritable énigme géologique.

Il y a lieu de noter tout particulièrement, dans le cadre des études préférées de M. de la Vallée, une intéressante contribution qu'il publia, en 1885, en collaboration avec M. A. Renard, dans les *Annales de la Société géologique de Belgique* (t. XII, pp. 11-28) sous le titre : *Note sur le mode d'origine des roches cristallines de l'Ardenne française*, ainsi que l'étude des deux collaborateurs insérée, en 1896, dans le tome LIV des *Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale de Belgique*, sous le titre : *Les tufs kératophyriques de la Méhaigne. Étude stratigraphique et pétrographique*.

Dans la première de ces communications, dont l'ensemble constitue le complément promis et attendu de leur Mémoire de 1876, les

auteurs réunissent une série d'arguments des plus probants, tendant à infirmer les raisons alléguées par M. von Lassaulx en faveur de l'origine intrusive des roches cristallines de l'Ardenne française. Ils fournissent des motifs sérieux, mais non des preuves définitives toutefois, à l'appui de cette thèse, qu'il y aurait lieu de considérer plutôt ces produits éruptifs comme des phénomènes contemporains du système cambrien. Ils considéraient toutefois la question comme pendante et ne se prononçaient nettement ni en faveur de l'intrusion, ni en faveur de la contemporanéité.

On verra plus loin que dans un travail postérieur (*Bull. Acad. roy.*, t. XXIX, 1895) M. de la Vallée s'est consciencieusement réfuté lui-même, au moins pour certains de ces gisements, en apportant une preuve péremptoire, vainement cherchée par son ancien contradicteur M. von Lassaulx, du caractère intrusif de ces roches.

Dans la seconde communication précitée (*Les tufs kératophyriques de la Méhaigne*), MM. de la Vallée et Renard étudient les roches des environs de Pitet, qu'ils qualifiaient naguère de porphyroïdes et qu'ils désignent sous le nom de tufs kératophyriques. Roches éruptives d'intrusion pour Dumont, c'étaient peut-être, dit M. Dewalque (*Prodrome*), le résultat d'éruptions sous-marines. M. Malaise, de son côté, y avait reconnu des analogies avec des cendres éruptives feldspathiques d'Angleterre.

Les auteurs montrent la liaison en un massif unique des sept gisements connus de la région étudiée et y reconnaissent, même à l'œil nu, trois variétés structurales distinctes.

En procédant à l'étude lithologique détaillée de ces divers types, MM. de la Vallée et Renard aboutissent d'abord à l'intéressante conclusion générale que les masses feldspathiques de la Méhaigne sont intercalées régulièrement dans la série des couches siluriennes et que, de nature incontestablement élastique, elles sont d'origine sédimentaire. Ils les considèrent comme essentiellement formées à la manière des tufs volcaniques. Par suite de leur caractère élastique, on ne peut interpréter les roches de la Méhaigne comme des coulées régulièrement intercalées dans les couches siluriennes; d'ailleurs, la structure fluidale de certaines de leurs variétés cinériformes n'est qu'une simple apparence due à l'alignement de particules ponceuses intimement soudées. Leurs éléments devaient être primitivement isolés, comme les produits incohérents, cendres et poussières des volcans actuels.

Examinant la question de savoir comment se sont formés ces *sédiments*, qui ne sont des produits ni d'intrusion ni de coulée, les auteurs

envisagent successivement deux hypothèses, dont la conclusion est que les bancs supérieurs du dépôt, à esquilles vitreuses, constitueraient des projections directes dans la mer, tandis que l'importante masse inférieure serait le résultat d'une sédimentation littorale d'éléments désagrégés — tant par les causes météoriques que par les eaux marines — d'un tuf kératophyrique quartzifère, projeté d'un centre éruptif peu éloigné des côtes.

Sans trancher absolument la question de savoir si les éruptions étaient sous-marines ou subaériennes et sans tenter de préciser le point où pouvait s'élever le volcan, les auteurs pensent, d'après le sens d'amincissement des couches, sensiblement amoindries vers l'Est, que le centre éruptif devait se trouver dans la région de l'Ouest ou du Sud-Ouest.

Il est intéressant de noter ce que des études lithologiques consciencieuses et bien conduites, comme celles des auteurs précités, peuvent dévoiler des conditions et de l'aspect physique des parages évoqués en ces périodes reculées de l'histoire de la Terre, et l'on comprend tout le charme et l'intérêt que Ch. de la Vallée attribuait à ses recherches de géographie physique des temps anciens.

Continuant à se spécialiser dans l'étude des roches non sédimentaires, dont ses méthodes de travail et d'investigation lui montraient de plus en plus le vif intérêt, le savant professeur de Louvain élaborait divers travaux à titre personnel. C'est ainsi qu'en 1885, il publia dans le *Bulletin de l'Académie royale* une étude très documentée et très complète sur les *Anciennes rhyolites dites eurites de Grand-Manil*, près Gembloux, et l'année suivante, dans le même recueil, une étude importante également sur les *Eurites quartzieuses (rhyolites anciennes) de Nivelles et des environs*.

C'étaient toujours là des recherches complémentaires appartenant au cadre du Mémoire couronné de 1876.

Les roches d'aspect porphyrique, traitées dans la première de ces notes, avaient jusqu'alors été considérées comme un porphyre quartzifère altéré, à prétendus grands cristaux de feldspath, formation accolée à un massif étendu de roches schisteuses que plusieurs géologues considéraient comme des roches neptuniennes modifiées. L'auteur a nettement montré, par ses recherches, que la roche de Grand-Manil est une rhyolite dont certains éléments simulent des cristaux feldspathiques, roche constituant une brèche éruptive adossée à d'autres formations de même origine présentant un simple aspect schisteux, mais le tout d'un caractère incontestablement éruptif.

Dans la seconde note précitée, l'auteur étudie des roches euritiques analogues aux précédentes, formant des massifs épars aux environs de Nivelles. Dans leur Mémoire académique de 1876, MM. de la Vallée et Renard avaient déjà victorieusement combattu l'opinion de Dumont et G. Lambert, d'après laquelle nos eurites, en général, constitueraient des filons coïncidant avec des lignes de fracture.

Les auteurs avaient montré que les eurites étaient des roches régulièrement intercalées dans les roches siluriennes et déposées comme elles au fond des eaux, au même titre que le quartz et l'argile. L'origine des éléments feldspathiques restait toutefois énigmatique. M. de la Vallée, dans son étude précitée, a montré la continuité, dans le sens sédimentaire, du prétendu filon localisé et l'absence de discordance d'avec les lits quartzo-schisteux englobant la formation d'eurite feldspathique. Il expose ensuite les analogies de la roche avec celle de Grand-Manil et admet donc, à Nivelles comme à Grand-Manil, l'existence d'une brèche éruptive, qui se trouve, à Nivelles, accompagnée de tufs de même origine, remaniés par des agents externes. Dans la structure de certaines parties de la roche, il retrouve l'effet d'émanations sulfureuses de fumeroles ayant imprégné ces roches après leur éruption, conformément à ce que M. Schmidt a constaté dans les rhyolites de certaines parties de l'Islande.

Les formations de structure globuleuse, qui caractérisent chez les roches éruptives les limites ou régions de contact, se trouvent indiquées très nettement à Nivelles et, d'accord avec d'autres données, elles favorisent la thèse d'un apport de matière éruptive opéré par coulées successives dans le bassin silurien pendant l'époque de sa formation sédimentaire. Cette thèse de la contemporanéité des dépôts éruptifs euritiques et de la formation schisteuse vient donc remplacer la thèse, défendue par Dumont, de l'intrusion éruptive par la voie d'une fente recoupant les dépôts siluriens considérés.

Il est assez curieux de constater que la Paléontologie elle-même est venue en aide à M. de la Vallée pour montrer, au sein de roches auparavant considérées comme éruptives, combien l'excellent observateur avait eu raison d'y voir des dépôts de tufs et de produits volcaniques remaniés et régulièrement interstratifiés au sein des formations marines. C'est ce que montre d'une manière fort suggestive sa *Note sur des porphyroïdes fossilifères rencontrés dans le Brabant*, publiée, en 1881, dans les *Bulletins de l'Académie royale*.

Il avait également observé que l'allure réelle des couches était

souvent voilée par un feuilletage ou clivage très accentué, pouvant induire en erreur l'observateur un peu superficiel. C'est grâce aussi aux alignements « biologiques » de vestiges fossilifères décelant le sens réel de la stratification primitive, complètement voilée aujourd'hui, que M. de la Vallée a pu reconnaître ces données et, pareillement, des interruptions de ces mêmes alignements de vagues empreintes lui ont révélé des glissements, ou faillages transversaux en paquets, opérés au sein des couches et qu'il eût été impossible de constater autrement.

D'importantes questions de synchronisme à grande distance, telles que les étroites relations chronologiques reliant, à 20 kilomètres les unes des autres, les couches euritiques de Nivelles et de Gembloux, et, par contre, des divergences chronologiques très importantes ont pu être établies grâce aux conséquences des excellentes observations de M. de la Vallée. Ainsi, il a pu établir que la zone silurienne comprise entre Rebecq et Fauquez, où se sont produites la plupart des accumulations de porphyroïdes, est plus ancienne que la bande feldspathique de Nivelles-Gembloux, conclusions admises d'ailleurs par le spécialiste cambrio-silurien, M. le Prof^r Malaise.

De toutes parts, on le voit, problèmes locaux et régionaux s'éclaircissaient en présence des savantes investigations de M. de la Vallée.

L'auteur et son collaborateur M. A. Renard ne sont pas de ceux qu'aveugle une idée préconçue et qui cherchent à tout rapporter à une thèse unique. C'est ainsi qu'après avoir combattu les vues de leurs prédécesseurs, et notamment celles de d'Omalius, de A. Dumont, etc., qui voyaient partout des roches éruptives intrusives là où MM. de la Vallée et Renard ont reconnu des dépôts sédimentaires interstratifiés, ils ont, dans certains cas, non moins nettement reconnu avoir affaire à des formations purement intrusives.

A l'époque des observations faites par ces auteurs, en vue de leur Mémoire de 1874-76 sur les roches plutoniennes de la Belgique, la diorite du Champ-Saint-Véron, près Lembeek, n'étant plus exploitée, la carrière qui exhibait les seules coupes naguère accessibles était noyée.

Mais quelques années plus tard, l'exploitation ayant repris, les zélés observateurs purent consacrer une étude spéciale et détaillée à cette intéressante roche, qu'ils décrivent, avec son gisement, en 1879 dans les *Bulletins de l'Académie royale*, dans leur : *Note sur la diorite quartzifère du Champ-Saint-Véron (Lembeek)*.

Les dispositions de l'amas dioritique et des quartzites feldspathiques

spéciaux entre lesquels il est enclavé sont des plus curieuses et, au premier abord, des plus énigmatiques. Mais les auteurs débrouillèrent aisément le problème et reconnurent à l'amas de diorite enclavé dans ces quartzites modifiés une origine éruptive et intrusive, postérieure par conséquent au dépôt des couches siluriennes encaissantes. Chose curieuse, la roche endogène s'est ici frayé un chemin mi-partie dans le plan de stratification, mi-partie dans une cassure oblique à ce dernier ; ce qui explique de très extraordinaires joints de contact en ligne brisée observables dans la carrière. Les auteurs démontrent qu'il n'est nullement question de cassures ou de failles postérieures à la consolidation des masses, ce qui eût d'ailleurs mis en défaut leurs conclusions sur la nature intrusive de l'amas dioritique. Il y a eu, au contraire, à Champ-Saint-Véron, le phénomène rare d'un rejet de 5 à 6 mètres d'épaisseur des couches encaissantes, qui a dû être contemporain de l'émission endogène.

L'étude lithologique qui accompagne ces données générales est, comme d'habitude, extrêmement consciencieuse et fouillée dans ses moindres détails.

Pour compléter ce sujet et montrer quelles sont les difficultés du problème, nous rappellerons qu'en 1895 M. de la Vallée publia dans le *Bulletin de l'Académie royale des Sciences* une courte note intitulée : *Caractère intrusif de quelques roches porphyriques des Ardennes françaises*. Au cours d'une excursion faite en Ardenne avec ses élèves de Louvain et en compagnie de M. l'abbé de Dorlodot, M. de la Vallée observa dans une carrière ouverte sur la route de Deville, au point indiqué *d* sur la carte accompagnant le Mémoire de 1876, un filon épais de roche porphyroïde injecté transversalement au plan des couches de quartzites encaissantes. C'était la première fois que pareil fait était observable dans l'Ardenne française. Il fournit, dans sa note, la preuve que cette disposition est originaire et ne permet nullement d'invoquer des dérangements ultérieurs du terrain. Pour ce point, tout au moins, c'est donc la thèse de von Lassaulx qui se trouve justifiée, et le savant et consciencieux professeur de Louvain s'est hâté de reconnaître et de décrire les faits contredisant ses vues antérieures. De tels sentiments de conscience scientifique ne sont malheureusement pas l'apanage de tout le monde, alors que rien n'est plus honorable cependant que de reconnaître spontanément que l'on s'est trompé.

Pour en revenir à la célèbre roche de Quenast, dont l'étude a tant occupé MM. de la Vallée et Renard, il convient d'ajouter que malgré

tous leurs efforts et leurs consciencieuses recherches, cette roche feldspathique a, plus que toutes autres analogues de notre pays, jalousement gardé aux yeux de tous ceux qui l'ont étudiée ce que les auteurs précités ont appelé naguère son « privilège » d'obscurité.

A l'époque de la publication de leur *Mémoire descriptif* de 1876, ces lithologistes considéraient ladite roche comme une diorite (1). Mais plus tard, ses caractères minéralogiques, mieux appréciés, leur ont permis d'y reconnaître un type particulier de porphyrite. Dans leur *Notice sommaire sur la Porphyrite de Quenast*, publiée dans le tome XXVIII (1899) des *Annales de la Société géologique du Nord*, à l'occasion d'une excursion à Quenast des deux Sociétés belge de Géologie et Géologique du Nord, dirigée par M. A. Renard, les auteurs signalent que l'affleurement, de forme ovoïde, de la roche de Quenast occupe une surface approximative de 75 à 80 hectares, dont le tiers est encore recouvert par des dépôts tertiaires ypresiens. Dumont croyait cet affleurement bien moins important et lui avait attribué une forme de croissant aminci.

Ils ont constaté également, à l'aide de sondages et d'observations multiples, qu'à l'époque de la sédimentation de la mer ypresienne, la roche éruptive devait former, dans les profondeurs de celle-ci, une protubérance, ou haut fond, dépassant de 18 à 20 mètres le lit général des fonds marins environnants.

La roche de Quenast, étant franchement et constamment holocristalline, ne peut être considérée comme une roche effusive franche, ce qui la différencie des porphyrites représentant les roches effusives paléozoïques (2). Elle rappelle plutôt le type de certaines porphyrites grises andésitiques et présente des analogies avec certaines roches éruptives profondes. On n'y remarque ni structure fluidale, ni matières vitreuses interposées, ni vacuoles dues à l'expansion du gaz : caractères ordinaires des roches effusives normales.

Les auteurs ont étudié avec soin les diverses inclusions, assez abondantes, de la roche de Quenast. Elles sont hétérogènes, tant dans leur texture que dans leur couleur, et tranchent fortement sur le restant de la roche normale, au sein de laquelle elles sont irrégulièrement distribuées, avec des dimensions fort variables. Il en est qui atteignent

(1) Appelée aussi : Chlorophyre, diobase porphyrique, porphyre à oligoclase, etc.

(2) Il est à remarquer, incidemment, que cette constatation plaide singulièrement en faveur du bien fondé des vues de M. G. Simoens, qui, récemment, a développé la thèse que le volcan de Quenast était d'âge permo-carbonifère, plutôt que silurien. Il pourrait même être triasique sans se voir opposer la nature de la roche.

plusieurs mètres cubes et pèsent de 20 à 25 tonnes. MM. de la Vallée et Renard les considèrent comme des fragments arrachés dans les profondeurs de l'ossature du globe et enveloppés ensuite dans le magma porphyrique qui les a véhiculés vers le haut. D'autres inclusions, hétérogènes également, ont une origine bien différente. Elles sont postérieures à la solidification et sont produites par des accumulations locales de minéraux secondaires. L'épidote en fournit de fréquents exemples.

L'importante question des cassures et « cisages » a également occupé les auteurs, de même que les caractères de pseudo-bancs à structure zonaire, causée par la disposition des éléments lithologiques. Ces caractères paraissent dus, disent les auteurs, au phénomène d'ascension de la masse éruptive avant le refroidissement.

Les limés et cassures de la roche paraissent absolument indépendants de cette structure. Certains des cisages semblent dépendre du retrait produit par la consolidation, mais il n'a pas été possible d'étudier leurs rapports avec la colonne ascendante de la masse éruptive. Il est certains de ces cisages qui ont des dimensions considérables, car il en est dont la direction et le pendage peuvent être suivis sur 6 à 700 mètres et plus. Ils se recoupent parfois d'une manière très curieuse, surtout en certaines régions de l'exploitation, où l'entrecroisement des divers systèmes forme un réseau bien décrit et figuré par les auteurs.

Les curieuses variations et alternances constatées parfois dans l'inclinaison du pendage des cassures donnent lieu à des dispositions incompatibles absolument avec la structure des masses stratifiées, mais qui s'expliquent par le jeu de torsions et d'efforts inégaux affectant une masse à peu près homogène.

Faïlles et glissements sont partout absents, et quant au mystère des relations, ou rapports immédiats, des porphyrites avec les schistes cambriens qui les entourent, il reste entier. Aucune observation nouvelle n'a été faite à ce point de vue, depuis 1876, où le tunnel d'entrée de la carrière a montré une faille au joint de la roche porphyrique et des phyllades noirs environnants.

Les révélations de la structure intime peuvent amener dans la connaissance des roches sédimentaires des progrès non moins sérieux que ceux obtenus dans les roches éruptives. L'intérêt très spécial que portait au Calcaire carbonifère le savant lithologiste de Louvain l'amena à soumettre à ses investigations microscopiques des roches primaires de cet âge.

Sa note de 1888, insérée dans le *Bulletin de l'Académie*, et consacrée à des *Bancs de calcaire carbonifère renfermant des foraminifères et des cristaux de quartz*, nous fournit la démonstration d'un cas où, contrairement à ce qui se passe généralement dans la construction de nos calcaires carbonifères, le processus oolithique n'a joué qu'un rôle très subordonné. La roche de Lisogne, étudiée par l'auteur, lui a révélé deux phases successives dans sa formation. Après une phase de sédimentation marine d'un dépôt englobant des coquilles microscopiques de foraminifères et d'autres menus débris organiques, il y eut formation d'un calcaire spathique de remplissage se substituant à des débris de texture différente, et au sein de la masse spathique s'est opérée la transformation cristalline du squelette des animaux microscopiques. L'auteur montre ensuite que les organismes du dépôt primitif offraient entre eux des espaces plus ou moins libres, que les infiltrations de calcaire ont remplis ensuite.

Ch. de la Vallée ne refusa jamais d'interrompre ses recherches et ses travaux personnels pour s'occuper de donner un avis, un conseil toujours précieux, sur les travaux des autres.

En effet, l'Académie royale trouva en M. de la Vallée un rapporteur consciencieux et érudit, toujours prêt au travail ingrat de juger les travaux d'autrui et qui, avec une compétence indiscutée, fit l'examen critique et impartial, avec un grand fonds de bienveillance toujours, de nombreux mémoires présentés à la Classe des Sciences par MM. Cesàro, A. Frank, Prinz, Renard et Klement, de Windt, Witmeur et d'autres encore. Ses rapports académiques sont des modèles de clarté et témoignent d'un jugement sûr, en même temps que d'une profonde érudition.

En collaboration avec F.-L. Cornet, son collègue de l'Académie, il publia également, sous forme de rapports officiels, de judicieuses études critiques ayant pour objet une série de planchettes géologiques des terrains tertiaires du Nord de la Belgique, levées par MM. P. Cogels et O. van Ertborn.

La Société royale malacologique de Belgique, à Bruxelles, fut aussi favorisée de travaux du savant professeur de Louvain, qui y traita des points relatifs à la stratigraphie éocène et y présenta un intéressant rapport sur un mémoire de M. Matthew sur le développement des Trilobites.

Jamais, avec M. de la Vallée, les attrayants problèmes de la Géographie physique des temps anciens ne perdirent leurs droits, même

lorsque le sujet principal et l'objectif voulu du travail qui l'absorbait étaient tout autres. Un exemple suggestif en est fourni par sa *Note sur les cristaux de quartz de la carrière de Nil-Saint-Vincent*, publiée en 1876 dans les *Annales de la Société géologique de Belgique*. Il s'agissait d'étudier ici les conditions toutes spéciales dans lesquelles s'étaient formés des cristaux de quartz libres et bipyramidés, observables en grand nombre au sein de filons transversaux traversant les quartzites cambriens.

A côté de son étude détaillée, consacrée à l'élucidation du problème, le consciencieux observateur examine aussi la coupe de la carrière, qui lui montre le contact des sables éocènes bruxelliens sur le Cambrien. Ses judicieuses remarques lui permettent d'affirmer que l'on a ici sous les yeux un bon exemple d'érosion côtière remontant à l'époque tertiaire, fournissant le profil d'un rivage de la mer bruxellienne. Évoquant avec raison la préexistence d'une falaise élevée, constituée par la tête des bancs de quartzite, il signale que l'action érosive du temps a dû démolir la côte ainsi constituée et en aura fort adouci le profil primitif. Il trouve aussi très ingénieusement dans la coupe de Grand-Manil la preuve évidente de l'abaissement du rivage pendant l'ère bruxellienne, et il conclut en signalant, toujours d'après sa très lucide interprétation des faits, que, dans cette région du Brabant, la mer venait du Sud et gagnait progressivement vers le Nord.

Pour ce qui concerne le curieux problème spécial auquel s'attache ce travail, l'isolement et la forme bipyramidée d'une partie des cristaux, l'auteur conclut que « dans les filons et les poches à cristaux de Nil-Saint-Vincent, les quartz ont pu se détacher fréquemment de leur lieu d'origine et présenter de nouveaux côtés à la solution minérale qui déposait de la silice. De petits glissements, comme il s'en passe dans les failles, de médiocres secousses de tremblements de terre, fréquentes sans doute à toutes les époques géologiques, sont plus que suffisants pour nous rendre compte de cet ordre de faits. »

A diverses reprises d'ailleurs, de l'examen d'un simple caillou, intéressant dans sa composition ou dans son origine, surtout lorsque celle-ci était volcanique ou éruptive, le savant lithologiste put tirer des exposés et des conclusions auxquels nul n'aurait songé et qui cependant étaient féconds en inductions précieuses pour l'histoire du passé.

Si Moïse, à l'égal de nos hydrologues modernes, eut le privilège de tirer de l'eau d'une roche aride, si nos ancêtres préhistoriques savaient tirer du feu d'une roche, quand celle-ci est un silex, le géologue

moderne, à la fois neptuniste et plutoniste, dont nous étudions l'œuvre, appliqua ses facultés fécondes, non seulement à évoquer le grandiose spectacle des manifestations du volcan et de l'océan, que lui révèle l'examen d'un modeste caillou, mais encore il retrace d'une main sûre le paysage, le décor des faits qu'il reconstitue avec tant de sagacité.

Nous avons vu M. de la Vallée évoquer avec précision les événements géologiques où l'action combinée du feu et de l'eau ont produit les éléments rocheux dont l'étude permet aujourd'hui au lithologiste de retracer les épisodes de ces grandes luttes de la Nature. Mais ce n'est pas seulement pour les temps primaires que M. de la Vallée a apporté de précieux éclaircissements, utiles pour retracer la succession des paysages et des aspects physiques du sol belge.

Ses études consacrées à des formations bien plus récentes dans l'histoire de la Terre n'offrent pas moins d'intérêt. Ainsi, une *Note sur les terrains des environs de Fauquemont*, publiée par M. de la Vallée, en 1884, dans les *Annales de la Société scientifique* de Bruxelles, présentée comme résultat de quelques promenades géologiques autour de Fauquemont, pendant un séjour d'une semaine, a permis au sagace observateur, non seulement de reconnaître d'assez sérieuses déficiences de la carte de cette région, mais encore de nous fournir de précieuses constatations régionales. Outre le fait d'une extension, bien plus considérable qu'on ne le croyait, des sables oligocènes reposant sur le Crétacé de ces parages, et qui ont dû constituer un manteau continu de sédiments marins, d'âge tongrien, l'auteur attire l'attention sur des faits lui ayant montré de curieuses dénivellations dans la cote de la base de cette formation sableuse. De ses observations, très précises, il est amené à conclure que la contrée de Fauquemont a éprouvé des dislocations à une époque postérieure à la sédimentation oligocène et antérieure au Quaternaire, ce que nos observations personnelles nous permettent d'ailleurs de confirmer et d'étendre à d'autres parties du bassin. Il constate des relèvements locaux pouvant atteindre une cinquantaine de mètres d'amplitude, et l'auteur, en terminant, ajoute qu'il n'avait nullement connaissance des résultats similaires d'Ubaghs, arrivé aux mêmes conclusions lorsqu'il fit ses observations dans la région de Fauquemont. M. de la Vallée admet enfin l'extension et le rattachement du manteau de sable marin oligocène de ces parages aux vestiges sporadiques, de même âge, restés en témoins irrécusables sur les hauteurs du pays de Herve. On le voit, c'est tout un paysage marin, dont l'ampleur n'était pas soupçonnée auparavant, que M. de la Vallée reconstitue, en même temps que l'existence de mouvements régionaux

et locaux du sol ayant, depuis lors, caché ou masqué les dispositions primitives.

Fondateur, en 1874, aux côtés de M. G. Dewalque, de la *Société géologique de Belgique*, dont le siège social est à Liège, Ch. de la Vallée s'y vit attribuer à plusieurs reprises le fauteuil de la présidence, et toujours il l'occupa avec une incontestable autorité. Grâce à l'influence personnelle si apaisante qu'il avait acquise et mise au service constant de ses collègues, il a laissé dans ce milieu scientifique libre, parfois agité, comme tous les autres analogues, par des remous et des difficultés intérieures, le souvenir d'un esprit de tolérance et de conciliation des plus bienfaisants et des plus salutaires.

Les efforts fructueux que fit, en 1876, M. de la Vallée, lors de la revision de la loi sur l'enseignement supérieur, contribuèrent à la disparition des fâcheux cours à certificats qui reléguaient à l'écart l'enseignement des sciences minérales et il prit une part active à l'instauration de mesures nouvelles, parmi lesquelles il faut citer le droit de cité successivement donné dans le programme de la candidature en sciences naturelles, à la *Géologie* proprement dite, venant s'adjoindre à la *Minéralogie*, puis, quelques années plus tard, à la *Géographie physique*.

Fondateur, en 1875, de la *Société scientifique de Bruxelles*, M. de la Vallée enrichit à maintes reprises les *Annales* de cette Société, et sa très intéressante *Revue des questions scientifiques*, de nombreux travaux, tous présentés sous une forme impeccable, extrêmement littéraire, et qui avaient le don d'être à la fois captivants et instructifs.

Ceux-là même de ses lecteurs qui ne partagent pas ses opinions philosophiques ou scientifiques, ne peuvent que s'incliner avec déférence et respect devant la probité de sa pensée, la clarté de ses exposés et la conscience de ses convictions dans l'un et dans l'autre de ces domaines.

Ch. de la Vallée, depuis 1874, date de la présentation de son beau mémoire élaboré avec M. Renard pour l'Académie, avait — honneur insigne eu égard à sa situation de savant libre, sans études universitaires, sans diplômes officiels — reçu le titre de Docteur en sciences naturelles *honoris causa* de l'Université de Louvain. Il fut, en 1885, élu associé de la Classe des sciences de l'Académie. Ne s'étant pas fait naturaliser Belge, il ne pouvait aspirer au titre de membre titulaire qui, sans cette circonstance, lui eût été octroyé sans nul doute.

Dans ce milieu élevé, il apporta les qualités personnelles de dignité

et les aptitudes de savant encyclopédique qui l'avaient fait remarquer partout, et il fut constamment l'un des membres les plus considérés de la docte Assemblée, où, en dehors de ses mérites scientifiques, ses qualités personnelles de gentleman accompli lui assurèrent d'unanimes sympathies.

C'est ce que dit fort bien dans les termes suivants son estimé confrère et ami, l'académicien L. Henry, dans une étude biographique (1) où nous avons, d'ailleurs, puisé certains des renseignements utilisés pour la rédaction de la présente notice : « Il occupait à l'Académie » une grande et belle place, due tout à la fois à sa science et à la » dignité de son caractère. Son urbanité, sa courtoisie, son exquise » politesse, sa délicatesse et son honnêteté parfaites lui assurèrent » l'estime et la sympathie de ses confrères de l'Académie, au même » degré qu'il les possédait chez ses nombreux collègues de la Faculté » des Sciences et de l'Université de Louvain. »

Conformément à ce qu'admettent actuellement tous les géologues, mais en avance, il y a une vingtaine d'années, sur les idées alors courantes, Ch. de la Vallée Poussin fut l'un des premiers, en Belgique, à mettre en évidence dans ses cours le rôle important que doit jouer dans l'enseignement de la Géologie la connaissance approfondie de la *Géographie physique*. Son discours académique de 1896, prononcé sept ans après l'institution à Louvain de son cours sur la matière, discours que reproduit le volume X de notre *Bulletin* et que cette circonstance nous autorise à ne pas analyser ici, montre tout le parti que peut tirer la science géologique d'une application judicieuse des données de la Géographie des temps passés. Mais déjà longtemps auparavant, Ch. de la Vallée Poussin avait payé d'exemple et montré, par un cas des plus suggestifs tiré de l'histoire de notre belle vallée de la Meuse, quel parti le géologue peut tirer de ce précieux outil de travail et d'investigation.

Il est un point de l'aspect physique de la Haute-Belgique qui a vivement attiré de tous temps l'attention des observateurs et excité la sagacité des chercheurs. Prenant sa source dans les Vosges vers 550 mètres d'altitude, la Meuse, après avoir coulé sur des plateaux triasiques et jurassiques, où son sillon est peu marqué, passe paisiblement entre les hauteurs de l'Argonne séparant la Champagne de la

(1) L. HENRY, *Charles de la Vallée Poussin*. (REVUE GÉNÉRALE, t. LXXVII, 5^e livr., mai 1903.)

Lorraine et coule droit au Nord-Nord-Ouest jusqu'à Mézières, point périphérique du vaste bassin secondaire et tertiaire en cuvette qui, de l'altitude de 500 mètres, va, en se déprimant, vers l'Ouest, dans la direction de Paris et de la baie de la Seine. Devant elle, en ce point et dans le prolongement de son lit d'amont, la Meuse trouve une puissante barrière de 20 à 25 kilomètres de largeur, constituée par les terrains primaires de l'Ardenne, lesquels y sont, entre autres, représentés par les roches dures du formidable massif de Rocroy, où les altitudes s'élèvent jusqu'à 400 mètres, au voisinage du cours d'eau qui y coule actuellement.

Or, au lieu de se détourner devant cette barrière paraissant infranchissable et de couler paisiblement au sein des molles ondulations calcaires, argileuses et sableuses, semblant devoir la solliciter vers l'Ouest, comme à Charleville, par exemple, à l'aide d'un seuil de 250 mètres d'altitude, le fleuve se rue à l'assaut droit au Nord, à partir précisément du commencement de l'obstacle et parvient, en se tortillant en de multiples et énigmatiques boucles, simulant les contorsions d'un serpent cherchant à s'évader de l'étroite ouverture de sa prison, à triompher de l'obstacle. Il continue ensuite sa course victorieuse vers le Nord jusque Namur, où, épuisé d'un tel effort, le fleuve se jette obliquement dans le lit prolongé de la Sambre, devenant ainsi, pour un certain temps, le sien, dans la région d'aval. Rappelons-nous que, d'après Gosselet (*L'Ardenne*, p. 846), les sinuosités de la Meuse, qu'il considère comme n'étant pas toujours facilement explicables, sont un sujet d'étonnement pour les touristes et même pour bien des géologues.

Mais que signifie cette lutte inégale et pourtant victorieuse où l'élément liquide l'a emporté sur l'orgueil du roc semblant inaccessible à la percée de l'humble goutte d'eau? Ce problème a occupé bien des esprits, a intéressé bien des observateurs. D'Omalius, Ch. Houzeau et Éd. Dupont (1873) admettaient que, seule, la présence de failles et de fractures préexistantes avait pu provoquer un cours aussi anormal. Dumont admettait, de son côté, de multiples failles coïncidant avec un grand nombre de nos cours d'eau. Éd. Dupont, dans *Patria Belgica* (1873) accepte l'idée de la faille et en fournit, pour la région de Waulsort et de Poilvache, des exemples. Mais des failles, il y en a certainement en plusieurs régions de la vallée inférieure de la Meuse belge, comme encore, par exemple, à Angleur et au Sud de Maestricht dans la région de Visé et aussi entre Flémalle et Visé. Cela n'implique nullement qu'il y en avait dans la haute barrière du massif de Rocroy, clef

du problème de pénétration. Comme l'a d'ailleurs signalé M. Gosselet, la continuation, dans la région de la barrière cambrienne, de bancs de diorite et de porphyroïde passant sans déviation d'une rive de la Meuse à l'autre, constitue un argument bien défavorable à l'hypothèse de failles en ces parages. Bref, le problème était difficilement soluble.

Dans la séance du 19 décembre 1875 de la Société géologique de Belgique, séance que présidait Ch. de la Vallée Poussin, aucune communication n'était inscrite à l'ordre du jour. Se dévouant en cette circonstance, afin d'éviter que ses collègues se fussent dérangés pour rien, l'aimable et savant Président, se faisant remplacer au fauteuil, improvisa une causerie sur cette intéressante question du creusement de la vallée de la Meuse et fit à son auditoire, charmé, un exposé inspiré par ses études sur la structure de cette vallée dans les Ardennes françaises. Il s'excusait toutefois avec modestie de ne pas avoir élucidé entièrement son sujet.

Ayant posé les bases du problème, tel qu'il est rappelé plus haut, M. de la Vallée croyait qu'il ne fallait pas appliquer à la Meuse la thèse, alors prédominante, que l'on devait rapporter aux simples effets de l'érosion fluviale le creusement de vallées qu'autrefois l'on expliquait par des failles préexistants.

Pour arriver à montrer que, d'accord avec les idées de d'Omalius, de Houzeau, etc., la vallée de la Meuse était jalonnée ou partiellement tracée par des fractures, l'orateur exposa que la Meuse n'a pu façonner à elle seule son canal de sortie vers le Nord et au travers de la barrière rocheuse du massif de Rocroy. Elle n'aurait pu le faire qu'à condition, dit M. de la Vallée, de profiter, *postérieurement à l'excavation de la vallée*, d'une surélévation notable du massif des Ardennes, relativement aux terrains secondaires de la Champagne. Mais plutôt que d'entrer dans cette voie spéciale, M. de la Vallée constate, par l'étude de certains méandres se déroulant dans le département des Ardennes, que des fissures plus ou moins profondes existaient déjà à une époque où le lit moyen du fleuve quaternaire était plus haut qu'aujourd'hui. Comme la direction répétée d'indices de fractures, accompagnées souvent de failles constatées par le savant professeur, se trouve être souvent plus ou moins voisine de l'orientation Nord-Sud, entre Charleville, Givet et Namur, M. de la Vallée en conclut que si l'on parvenait à reconnaître, dans les terrains cambrien et devonien des Ardennes françaises, des failles en rapport avec la direction et la structure actuelle de la vallée de la Meuse, ce serait au processus conducteur de ces failles qu'il

faudrait attribuer le phénomène qui a tant excité l'attention des géologues.

Sous l'impulsion de cette communication, une longue et intéressante discussion suivit, à laquelle prirent part MM. Van Scherpenzeel-Thim, A. Houzeau, Ad. Firket, De Vaux, Gindorff, de Macar, Malherbe et Dewalque, et le savant professeur eut, en cette occasion comme en tant d'autres, la satisfaction de voir sa parole féconde transformer une séance blanche en une précieuse controverse scientifique, contribuant utilement à l'élucidation du problème de géographie physique qu'il avait posé avec tant d'à-propos.

Dix ans plus tard, à la séance du 21 juin 1885 de la Société géologique, M. de la Vallée reprit le captivant problème et lui fit faire un pas décisif. Dans sa communication intitulée : *Comment la Meuse a pu traverser le terrain ardoisier de Rocroy*, il fit un exposé magistral de la question. Commenant par avouer que, en 1875, il ne se dissimulait pas le côté faible de la thèse des cassures ou des failles ayant servi à jalonner la vallée de la Meuse, il expose ensuite la cause, tout à fait indépendante des accidents stratigraphiques, qui a provoqué, en dépit des obstacles et des barrières rocheuses, la marche vers le Nord du fleuve franco-belge.

Se basant sur les recherches de MM. Gosselet et Barrois, qui ont montré l'existence, insoupçonnée auparavant, de considérables dépôts marins éocènes sur les flancs les plus supérieurs de la côte méridionale de l'Ardenne, il en conclut, avec M. Gosselet, que le plateau de l'Ardenne française devait constituer, au début des temps tertiaires, une vaste plaine basse, voisine de la mer. Comme, d'autre part, de tels vestiges éocènes n'existent pas dans la région du cours supérieur de la Meuse, le haut pays devait être représenté, pendant l'ère tertiaire, par une partie de la Champagne, de la Lorraine et de la Bourgogne, tandis que l'Ardenne, relativement très abaissée, loin d'offrir aux eaux une barrière, constituait la *direction naturelle de la pente et de l'écoulement des eaux*.

La possibilité d'une surélévation tardive de l'Ardenne, que M. de la Vallée avait, dans sa communication de 1875, indiquée comme une hypothèse toute théorique, qu'il n'avait pas poursuivie alors, devenait ainsi une réalité, et c'est ce *relèvement ultérieur du massif de Rocroy* qui devenait la clef des difficultés d'un creusement facilement amorcé naguère, avant ce relèvement, et qui, évidemment, s'était continué, avec facilité et sans obstacle en profondeur, dans le sillon dont un facteur interne tendait à relever le thalweg et les hauteurs bordières ou

latérales. De cette manière, disait le savant professeur, le cours général de la Meuse, indépendant aujourd'hui de l'orographie de son bassin, est l'expression posthume d'un relief ancien, qui remonte à l'ère tertiaire et qui a disparu sous la double influence des oscillations du continent et des dégradations d'origine externe.

Les profondes gorges qui, s'étendant entre Charleville et Givet, correspondent à la traversée du haut massif cambrien de Rocroy, représentent donc, d'après le savant professeur, le travail mécanique opéré par les eaux du fleuve pendant de longues périodes, durant lesquelles il y avait un régime torrentiel et de pentes accentuées. C'est la *surélévation continentale* post-éocène du massif qui aurait ainsi maintenu, avec les fortes pentes, la puissance mécanique des eaux pendant des périodes prolongées. M. de la Vallée ajoute même : Les gorges actuelles sont surtout le résultat de la rétrogradation des rapides et des cataractes. C'est, en un mot, continue l'auteur, une application, à nos régions, du régime si caractéristique des courants fluviaux en des régions de relèvement progressif continu, régime qualifié par le capitaine Cl. Dutton, à propos des cañons du Colorado, par l'expression typique : « la persistance des rivières ».

Comme on peut le constater par ce suggestif exemple, l'éminent géologue fut, en Belgique, l'un des précurseurs ayant accordé à ces captivants problèmes de géographie physique l'importance et le rôle qui leur reviennent justement. Et il n'était sans doute pas inopportun de profiter de l'analyse qui précède pour lui rendre cette justice.

Nommé en 1888 chevalier de notre ordre national, Ch. de la Vallée fut promu officier de l'Ordre de Léopold en 1897, à la grande satisfaction de ses nombreux amis, c'est-à-dire de tous ceux qui l'approchaient de près ou de loin, sans distinction d'opinion ni de rang social.

Appelé en 1890 à faire partie du Conseil de direction de la Commission de la Carte géologique, M. de la Vallée s'y vit bientôt attribuer la vice-présidence, et là, comme ailleurs, son influence personnelle conciliante, son savoir, la rectitude de son jugement et la lucidité de ses inductions le firent souvent l'arbitre de difficultés scientifiques ou personnelles, dans lesquelles l'autorité de son intervention fut toujours hautement respectée et la compétence de ses avis appréciée par ses collègues. Ce n'était cependant pas toujours œuvre facile que de concilier les opinions divergentes dans les irritantes questions relatives à la nomenclature et à la classification géologiques, bases de l'établissement de la légende de la Carte géologique.

L'ensemble des publications scientifiques de Ch. de la Vallée-Poussin : mémoires, notices, discours, rapports, planchettes ou cartes géologiques, s'élève à plus d'une centaine de numéros, et beaucoup ont concouru à l'élucidation de problèmes dont peu d'autres que lui eussent pu donner la solution, surtout en matière de lithologie des roches éruptives.

En dehors de ses travaux de science pure, le savant professeur de Louvain, qui eût fait un conférencier de premier ordre, si ses loisirs l'eussent permis, excellait dans l'exposé à la fois lumineux et littéraire de thèses philosophiques et de synthèses scientifiques, qu'il formulait de temps à autre, soit devant l'Académie, soit devant la Société scientifique, ou bien qu'il publiait tant dans le recueil de celle-ci que dans la *Revue catholique de Louvain* et dans la *Revue générale*.

On peut citer de lui comme constituant des morceaux de haute saveur et d'intérêt scientifique profond, même pour ses contradicteurs en matière philosophique, ses conférences, causeries et articles intitulés :

Les explorations géologiques à l'Ouest des États-Unis, 1873.

Paléontologie et Darwinisme, 1875.

De la certitude en Géologie, 1879.

Joachim Barrande et sa carrière scientifique, 1884.

Les excavations naturelles du Colorado, 1886.

La cause générale des mouvements orogéniques, 1888.

James Hutton et la Géologie de notre temps, 1891.

La Cristallographie, 1895.

La Géographie physique et la Géologie, 1896.

Les lecteurs de notre *Bulletin* connaissent (1) la dernière de ces œuvres de synthèse et de vulgarisation. Qu'il me soit permis, toutefois, de rappeler deux superbes paragraphes de ce discours de 1896, évoquant tout un monde et montrant à quelles hauteurs s'élève, aux côtés de la Géologie, la science si captivante de la Géographie physique des temps passés, qui en est l'ancestrale essence et le fil conducteur au même titre que la Paléontologie.

De son côté, la Géologie a centuplé ses richesses durant la seconde moitié de notre siècle, les travailleurs constituant une petite armée dispersée dans tous les continents. Le théâtre de l'investigation étendu à tant de régions différentes a fait retrouver partout les systèmes stratigraphiques

(1) BULL. SOC. DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. X, 1896, *Trad. et Reprod.*, pp. 60-74.

établis primitivement sur les données fournies en un coin de l'Europe, parce qu'ils sont reconnaissables à distance, par l'évolution graduelle et générale des organismes fossiles qu'ils renferment. Ces systèmes comportent néanmoins des variations régionales auxquelles on ne s'attendait pas : variations graves, parfois embarrassantes, mais éminemment instructives, puisqu'elles répondent aux conditions physiques qui présidèrent à la formation des dépôts. L'interprétation de ces variantes amène naturellement l'observateur à scruter des facies pélagiques, littoraux, lagunaires et d'eaux saumâtres, continentaux, glaciaires, volcaniques, tous susceptibles d'apparaître à un même niveau de l'échelle des terrains. En cherchant à les raccorder les uns avec les autres, on entrevoit peu à peu l'emplacement de l'Océan et des mers intérieures, la configuration des côtes, la distribution des chaînes de montagnes, parfois celle des lacs et des rivières, en un mot la physionomie de la surface en un temps reculé de l'histoire de notre terre. Les dragages pratiqués de notre temps au fond des océans Atlantique, Pacifique, Indien, et de la plupart des mers intérieures, apportent ici leur part de renseignements utiles. Ils ont conduit à classer les dépôts marins actuels comme terrigènes ou comme océaniques : distinction importante, qui projette ses conséquences dans l'analyse des dépôts plus anciens, puisqu'elle fournit une sorte de critère pour supputer à quelle profondeur bathymétrique, à quelle distance de la côte ces dépôts se sont formés.

En s'étendant de la sorte, le champ de l'observation a soulevé, comme on voit, des questions nouvelles, imposé un examen de plus en plus approfondi de la structure du sol et du sous-sol, et il s'en est suivi plus d'une rectification des idées auparavant acceptées sur la nature et la marche des agents de transformation. Parmi ces découvertes de notre temps, qui éclairent d'un jour nouveau les formes géographiques, il faut, selon nous, ranger au tout premier plan celle du rapport existant entre les zones terrestres à couches plissées et converties en chaînes de montagnes, d'une part, et les massifs stables et rigides contre lesquels les premières ont été refoulées et froissées par une poussée latérale. Il en résulte que ces massifs résistants, représentés généralement par les plates-formes et les grands plateaux de nos continents, sont précisément côtoyés par les plus hautes chaînes de montagnes. Le mode de distribution des traits orographiques qui dominent la surface de notre planète rencontre donc ici son explication. Les orientations variées, les liaisons, les grandes bifurcations de l'Atlas, des Pyrénées, des Alpes et des Apennins, des Carpathes, des Balkans, du Caucase, de l'Indou-Koh, de l'Himalaya, avec ses divergences vers la Chine, l'Indo-Chine et l'Insulinde, des Montagnes-Rocheuses, de la Sierra-Nevada, de la Cordillère des Andes, se trouvent ainsi justifiées pour la première fois ! Ed. Suess, l'homme de génie à qui appartiennent ces vues magistrales, confirmées par les études de détail, n'a pas méconnu la

part dévolue à l'affaissement dans ces grands mouvements de terrains. Ces affaissements sont impliqués dans l'interruption brusque de certaines chaînes, comme dans la disparition partielle ou totale de plusieurs massifs, actuellement ensevelis sous les mers. L'abaissement d'un paquet de roches le long des failles avait été noté des milliers de fois, mais l'extension que le phénomène peut prendre avait échappé aux observateurs, et l'on ne se doutait pas naguère qu'il fallût rattacher à des effondrements les fosses profondes et beaucoup de découpures des mers intérieures de l'Europe, de l'Amérique, de l'Asie et de l'Océanie. Après quoi il est permis de se demander si la chute verticale des compartiments de l'écorce n'égale pas les redressements sous forme de bourrelets montagneux dans le dessin présent du globe.

L'exposé intitulé : *De la certitude en Géologie* a été publié en 1879 dans le tome V des *Annales de la Société scientifique*.

Il y aurait beaucoup à en dire, car le point de vue ici traité par M. de la Vallée intéresse particulièrement les géologues militants, trop souvent inclinés à se croire devant des vérités et des conclusions définitives. Nous reproduirons tout d'abord ce qu'en dit l'article biographique de M. L. Henry, consacré à la mémoire de M. de la Vallée.

« C'est une œuvre parfaite de bon sens et de sagesse. Quoique ancienne déjà, elle est d'une actualité toujours présente, et les naturalistes aussi bien que les métaphysiciens et les apologistes peuvent y trouver les plus utiles leçons. Il faudrait la citer tout entière, tant elle abonde en aperçus profonds, éclatants de lumière et de vérité. Mais, dit M. Henry, je dois me borner à quelques lignes, et je choisirai celles où il expose avec tant de lucidité la différence des procédés et des habitudes intellectuelles des esprits, suivant les genres d'études divers auxquels ils sont accoutumés (1). »

Celui qui se replie en soi-même, dit-il, pour découvrir les rapports nécessaires de ses idées, n'opère pas comme celui qui ramène toute son attention sur les objets extérieurs afin d'en épier de son mieux les manifestations variées et d'y lire, s'il se peut, la loi qui les régit. L'un et l'autre exercent au fond les mêmes facultés intellectuelles, mais les conditions sont tout autres. Car l'assentiment interne qu'accorde la raison à une proposition vraie ne ressemble pas à la conviction qui naît de la vue des faits. Les faits naturels ont leur langage qu'on ne comprend bien qu'en leur présence ; ils ont leurs relations mutuelles et leur enchaînement nécessaire qu'on saisit d'une manière immédiate et qui, seulement alors, emportent

(1) *Revue des questions scientifiques*, t. V, p. 12 (1879).

une pleine assurance. La vue des choses ne se remplace jamais. On conçoit que les grands naturalistes aient tant recommandé *la pratique de l'observation* comme la voie unique, laborieuse, il est vrai, mais sûre, pour arriver à voir clair dans le domaine du monde extérieur. Ainsi, l'esprit humain, selon les cas, parvient à l'entière certitude par des voies si diverses que les esprits spéculatifs sont rarement de bons observateurs et que des observateurs très sensés sont souvent de pauvres métaphysiciens. Aussi arrive-t-il que l'intelligence, comme systématisée par l'habitude des mêmes opérations, devient moins apte à percevoir les vérités d'un autre ordre. Telle est l'indigence humaine.

Ne croirait-on pas, ajoute M. Henry, après cette belle citation, entendre Descartes dans son « Discours de la Méthode » ?

Prenant la parole après M. L. Henry, nous nous permettrons de signaler que dans son étude sur la *Certitude en Géologie*, l'auteur a entrepris la très délicate tâche de montrer le fatal aveuglement des théologiens ou philosophes qui, armés de quelques connaissances scientifiques générales et superficielles, croient pouvoir nier les progrès et toutes les affirmations indistinctement de la Géologie. Il s'en prend tout spécialement à une publication allemande, datant de 1868, et dans laquelle le P. Borizio va jusqu'à rejeter « l'existence des époques successives ordonnées d'après la superposition des couches fossilifères et déclare même, au fort de la discussion, que la philosophie et la théologie sont les seules sciences permettant d'apprécier ce qu'il y a de vrai ou tout au moins de correct dans les autres branches du savoir ».

Dans un admirable plaidoyer, dont le passage reproduit plus haut constitue l'un des éléments de début dans son raisonnement, M. de la Vallée montre combien est mal renseigné le philosophe qui prétend contester les acquisitions formelles de la science et spécialement des sciences géologiques et paléontologiques.

On est stupéfait, dit-il, de l'assurance imperturbable du P. Borizio dans les raisonnements qu'il oppose, du fond de son cabinet, à l'expérience et aux convictions des plus grands naturalistes du siècle. Avec toute sa dialectique, il est victime d'une sorte de vertige où je vois un des plus graves dangers qui puissent menacer le jugement d'un homme supérieur. Je pense que le phénomène n'est pas rare chez les esprits spéculatifs qui se mêlent tout à coup d'apprécier les sciences naturelles sans avoir passé au préalable par l'enseignement méthodique qui leur est propre. Ils sont presque fatalement mauvais juges.

Et M. de la Vallée exécute de main de maître le P. Borizio et ses vues, et il serait cruel d'insister, après lui, sur le détail d'une leçon

qui aura bien certainement eu comme résultat de faire respecter mieux, ultérieurement, les vérités acquises de la science et l'énorme progrès qu'elles ont fait faire à nos connaissances sur le passé de la Terre. Il reste d'ailleurs suffisamment de points douteux ou difficiles à éclaircir pour que les bases immuables des vérités scientifiques acquises puissent rester à l'abri de critiques de la nature de celles dont s'est occupé ici M. de la Vallée.

Passant rapidement en revue la plupart des autres exposés énumérés plus haut, écrits dans une langue châtiée et élégante, d'une plume alerte et facile, et toujours d'un intérêt captivant, nous dirons que l'exposé des *Explorations géologiques à l'Ouest des États-Unis* constitue un tableau grandiose et vraiment évocatif de l'œuvre colossale entreprise par les savants et les explorateurs américains au sein d'une nature sans pareille.

Ce sont les rapports officiels de *Hayden*, alors chef du Service géologique, qui inspirèrent à M. de la Vallée son merveilleux tableau de cette région incomparable constituée par l'Ouest américain, et il vivifie ses descriptions aussi bien d'une poésie intense que d'un intérêt scientifique extraordinaire, au point que celui qui, comme l'auteur de ces lignes, a eu l'heureuse chance de parcourir ces régions merveilleuses, se surprend à ne pas concevoir comment M. de la Vallée a pu faire un exposé si parfait sans avoir ressenti par lui-même les impressions que décrit si bien son œuvre. Cela est surtout vrai pour la région des cañons et particulièrement du Gardiner, du Colorado, du Parc du Yellowstone.

Les considérations que fait valoir l'auteur, dans la seconde partie de son travail, sur l'utilité de l'étude comparée des faunes anciennes américaines et européennes, sont suivies de données relatives aux faunes secondaire et tertiaire de l'ancien et du nouveau monde, et les êtres à la fois étranges et gigantesques de la faune secondaire d'Amérique fournissent encore à M. de la Vallée des pages pleines d'intérêt, malgré l'extension et le développement des recherches et des découvertes paléontologiques faites depuis lors. La comparaison des flores tertiaires américaines et européennes vient compléter ce remarquable tableau, dont la lecture reste encore actuellement une superbe évocation devant inspirer à ceux qui n'ont point parcouru l'Ouest américain le désir ardent de le visiter, et à ceux qui ont eu cette bonne fortune, l'impression qu'ils s'y retrouvent encore en lisant les pages éloquentes et si évocatrices du savant professeur de Louvain.

Dans son étude : *Paléontologie et Darwinisme*, l'auteur défend, avec une conviction et une science qui l'honorent, la thèse qui pourrait à d'aucuns paraître tout indiquée par ses opinions philosophiques et religieuses, mais qui résultait tout simplement, chez la plupart des hommes de sa génération, des idées alors courantes, d'après l'état de la science de cette époque. M. de la Vallée exposa sa thèse de 1875 en galant homme, que préoccupe seulement sa conviction scientifique, et il le fit avec une probité scientifique parfaite, sans exclusivisme mesquin et aussi avec une ampleur de vues qu'indique nettement le passage suivant (*Revue des questions scientifiques*, 1875, p. 315) :

S'ensuit-il de tout cela que l'on puisse se refuser à toute idée d'évolution parmi les êtres organisés et nier absolument tout indice de lien génétique entre les êtres différents? Il serait erroné de le soutenir dans l'état actuel de nos connaissances. L'histoire géologique du règne animal et du règne végétal, prise en bloc, accuse incontestablement une marche progressive qui débute par des êtres d'une organisation simple pour aboutir à ceux d'une organisation élevée. Il n'y a rien de mieux établi. La diversité et la beauté des formes, le progrès par l'élévation de la structure, par la spécialisation des organes et notamment des organes les plus nobles, se sont manifestés toujours avec plus d'ampleur et n'ont atteint leur apogée que depuis les derniers âges de la planète. Cet accroissement, d'ailleurs, ne s'est pas produit en une fois; il ne s'est pas davantage opéré suivant une gradation continue; il a marché par étapes, par saillies, non sans quelques retours en arrière et un peu comme le flux de l'océan. Dans un développement historique de ce genre, la pensée que ce qui précède est la préparation de ce qui suivra et qu'il existe quelque rapport intime entre les termes consécutifs, cette pensée s'impose presque nécessairement à l'esprit.

Les opinions sur l'évolution paléontologique et le Darwinisme que M. de la Vallée avait en commun avec la plupart des hommes de son temps, se sont modifiées, je m'empresse de le faire remarquer, à mesure que la science progressait et que les faits se prononçaient de plus en plus en faveur du Transformisme. En 1875, nous le voyons adversaire de l'évolution par *transitions insensibles* et partisan des *changements assez brusques*, parce que c'était la solution que semblait dicter la Paléontologie de ce temps-là. Plus tard, lorsque certaines lacunes paléontologiques furent comblées, il comprit que l'évolution avait été plus progressive qu'il ne l'avait cru d'abord. Il reçut avec joie, avec un enthousiasme dont un de ses collègues de Louvain fut le témoin, de la voie indiscutable des faits, cette conclusion qui s'accor-

daît mieux que toute autre avec les tendances de son esprit profondément religieux et philosophique, et avec une intelligence lui permettant d'écarter de puériles thèses d'incompatibilité n'ayant rien à voir à un raisonnement sincère et approfondi de ces graves questions philosophiques.

La manière dont avait parlé, en 1875, des cañons du Colorado le savant professeur de Louvain dans son exposé des explorations géologiques de l'Ouest des États-Unis, fait trouver tout naturel que l'apparition de la merveilleuse étude monographique et de l'atlas du capitaine Cl. Dutton, publiés à Washington en 1882, sur l'histoire tertiaire du « Grand Cañon District », ne pouvait manquer de rappeler sur ce sujet fécond l'attention de M. de la Vallée.

Dans son étude sur les *Excavations naturelles du Colorado*, il fait un exposé à la fois pittoresque, évocatif et des plus intéressants de cette partie merveilleuse, et unique au monde, de la vallée du Colorado, qui coule au fond du sillon qu'il s'est creusé de 1000 à 1500 mètres audessous des plateaux qui le bordent, dominés eux-mêmes par 6 à 800 mètres de collines et hauteurs avoisinantes, témoins épars d'une plaine plus ancienne encore.

Certes, les magnifiques planches en couleurs de l'atlas du capitaine Dutton ont dû faciliter à M. de la Vallée sa tâche descriptive de la section du Cañon dont le plateau Nord porte le nom de « Kaibab » ; mais quel talent d'évocation n'a-t-il pas fallu cependant à l'analyste perspicace pour rendre avec tant de justesse l'impression colossale et extraordinaire de cette merveille des merveilles géologiques !

Il est vrai qu'il avoue sincèrement n'avoir fait que résumer fidèlement l'impression des contemplateurs de ces ruines plus merveilleuses que celles de Thèbes et d'Ankor et avoir même emprunté leurs expressions. A la demande qu'il fait si la réalité est à la hauteur des descriptions américaines, tous ceux qui ont vu répondront sans aucun doute affirmativement, car le spectacle est non seulement merveilleux, mais absolument impressionnant, au point même, j'en puis parler en connaissance de cause, d'arracher des larmes d'émotion à celui qui, confondu par la grandeur du spectacle, en subit, écrasé, toute la sublimité.

L'élucidation des causes physiques ayant constitué la genèse du Grand Cañon a été entreprise par MM. Gilbert et Dutton. Comme le fait remarquer M. de la Vallée, la simple application, par ces subtils observateurs, de phénomènes et de lois bien connus, résout aisément

le problème qui a, d'ailleurs, une portée doctrinale universelle incontestable dans son élégante solution régionale.

M. de la Vallée, après eux et d'après leurs conclusions, le reprend avec une maîtrise parfaite, et il est bien difficile de résister au désir de reproduire de multiples citations de son exposé lumineux, qui se résume en ce fait qu'un massif de près de 900,000 kilomètres carrés, soit de trente fois la superficie de la Belgique, possède une rare simplicité et unité de structure géologique. La série régulière des terrains primaires, secondaires et tertiaires s'y présente, à partir de la base du Carbonifère, en succession concordante, c'est-à-dire en couches presque toujours et uniformément horizontales ou très faiblement inclinées. Contrairement à ce qui se passe habituellement en Europe, il n'y a eu ici ni plissements ni redressements de couches. Une série de failles se borne à découper le tout en compartiments, diversement relevés les uns par rapport aux autres, mais toujours restés horizontaux.

Or, entre la direction des rivières de cette curieuse région et les accidents de relief actuel, il y a une indépendance absolue, de même que les failles elles-mêmes n'ont nullement servi de jalons conducteurs ; elles sont, en effet, transversales au Rio Colorado et indépendantes du réseau fluvial adjacent. Tout ce réseau fluvial est, dit M. de la Vallée, comme jeté au travers des plateaux et des massifs les plus épars, rencontrant indifféremment dans le trajet les dépressions et les régions élevées. Des obstacles paraissant infranchissables sont traversés dans des tranchées à parois escarpées de plusieurs milliers de pieds de hauteur, et les eaux coulent dans le sens des bancs comme à contre-sens, leurs sinuosités étant indépendantes de la disposition du chenal, soit qu'elles y coulent à plein bord, soit dans des profondeurs de 500 mètres. La dureté et la solidité relatives des roches ne paraissent pas avoir plus d'influence que les inégalités de la surface dans le drainage général de la contrée.

Le savant professeur de Louvain remarque à ce sujet que, sauf l'ampleur du phénomène, celui-ci se représente dans nos contrées, où le Rhin et la Meuse en fournissent des exemples frappants.

Ces conditions, énigmatiques au premier abord, résultent tout simplement de ce que la direction des cours d'eau a été fixée *antérieurement* à la formation des accidents topographiques actuels de la contrée qu'ils arrosent. Ces rivières, en un mot, sont plus anciennes que les pays qu'elles traversent !

Deux facteurs ont opéré : un temps immense, consacré tant au creu-

sement qu'au phénomène d'érosion et de destruction des terrains avoisinants par les agents atmosphériques, et l'exhaussement plus ou moins continu du sol. Et c'est tout !

Cette conclusion permet à M. de la Vallée de revenir sur le cas de la Meuse dans sa traversée du haut massif à roches dures de l'Ardenne et lui fournit une preuve des plus concluantes du bien fondé des vues qu'il avait exposées en 1885 à la Société géologique de Belgique. Il revient sur cet intéressant problème et, montrant que les progrès du creusement étaient en relation directe avec la rapidité des eaux, facteur elle-même de la pente et dérivée de l'intensité et de la rapidité du mouvement général et de l'exhaussement du sol, il arrive à montrer que, aussi longtemps que le sol de la Belgique et celui de l'Ardenne française conserveront leur stabilité actuelle, s'opposant à l'augmentation de vitesse des eaux courantes et aux progrès de creusement, la profondeur des cañons de la Meuse n'augmentera pas. Mais vienne une période de reprise du mouvement de surrection et de poussée ascensionnelle, se prolongeant, par exemple, pendant de nombreux milliers d'années, aussitôt le processus opératoire du creusement reprendra et les cañons de la Meuse augmenteront proportionnellement au relèvement général du pays.

Pour terminer sa belle étude, M. de la Vallée expose, d'après MM. Dutton et Gilbert, les motifs de la raideur et de la continuité des cañons sillonnant le Colorado et semblables à des amoncellements de murs verticaux empilés en retrait les uns sur les autres. Le phénomène est dû à l'allure restée horizontale de couches formées d'une succession alternante de roches massives et résistantes, gréseuses et autres, et de roches tendres et friables. La discussion de l'âge du processus de dégradation d'un tel ensemble colossal de couches forme la partie finale, des plus intéressantes, de cette belle étude, dont on ne saurait trop recommander la lecture, surtout à ceux qui veulent se rendre compte des motifs pour lesquels de tels aspects ne s'observent pas dans nos contrées d'Europe.

La question du *temps* nécessaire à un tel travail de burinage et de ciselure du sol terrestre s'impose à la fin de ce bel exposé.

Voici comment y répond sagement M. de la Vallée :

Les dénudations générales qui ont produit les terrasses du grand plateau ont exigé, comme on l'a dit, une durée immense. Mais les membres du Service américain pensent que la gorge centrale descendue par le fleuve a dû se former dans un temps beaucoup plus court. D'après certains indices, le creusement de cette fissure, profonde de 1000 à 1500 mètres, aurait pu

s'opérer depuis la fin de l'époque tertiaire. Cet intervalle peut être encore fort long eu égard aux annales humaines. A-t-il duré vingt mille ans, cinquante mille ans? Inutile d'attendre là-dessus une réponse sérieuse de la bouche d'un homme qui connaît la question. Malgré les progrès de la science, la Nature garde encore un silence obstiné sur le temps précis qu'elle a mis à l'accomplissement de la plupart de ses grandes œuvres. Comme le dit Cl. Dutton à la fin de sa belle étude sur le district du Grand Cañon, dans ce pays, les assises entr'ouvertes du Globe laissent échapper bien des secrets. La Nature s'y montre plus communicative qu'ailleurs : elle répond à l'observation sur beaucoup de points ouvertement et même avec une certaine complaisance. Mais si on lui réclame des dates précises, si on lui demande de s'expliquer par des chiffres d'années, aussitôt ses lèvres se ferment et elle reprend sa physionomie de Sphinx.

Dans son intéressant discours, prononcé en séance publique (décembre 1888) de la Classe des Sciences de l'Académie et intitulé : *La cause générale des mouvements orogéniques*, l'orateur commence par établir que les principes de la Géologie ont, du moins dans maints de ses chapitres, la fermeté et la sécurité d'application des sciences les mieux établies. Il en cite comme exemple, à propos du beau mémoire de MM. de la Noë et de Margerie (1), les lumières complètes qu'a jetées sur les formes du terrain l'explication du rôle des agents de l'atmosphère et de l'eau courante. En est-il de même pour la connaissance des causes ayant, dans tant de régions diverses du Globe, amené des déplacements, relèvements et redressements de couches parfois très puissantes? Quel est le facteur mystérieux qui a opéré? Tel est le champ d'investigations que se propose d'explorer M. de la Vallée.

Il commence par montrer que les grands déplacements de terrains présentent deux types : l'un représenté par la constatation d'une série de plis et d'ondulations affectant ordinairement les dépôts sédimentaires, l'autre indiquant des déplacements verticaux donnant lieu à des bombements ou à des voûtes très surbaissées et parfois divisées en compartiments séparés par des fissures et des failles ayant permis le jeu indépendant de voussoirs ou de claveaux de voûtes ainsi formés.

La thèse du refroidissement terrestre et de la diminution séculaire de volume du Globe, telle qu'elle fut envisagée dans ses conséquences

(1) G. DE LA NOË et E. DE MARGERIE, *Les formes du terrain*, 2 vol. in-4°. Ouvrage remarquablement analysé par M. Ch. de la Vallée dans la *Revue des questions scientifiques* (octobre 1888).

sur la tectonique du Globe par Élie de Beaumont, est présentée par M. de la Vallée comme une conception pleine de grandeur et de simplicité, qui explique l'ensemble du phénomène de ridement signalé plus haut. Mais les difficultés commencent quand on veut entrer dans le détail, et surtout quand on cherche à se rendre compte de cet élément si important, et cependant toujours si contesté, de savoir si la Terre est solide jusqu'aux approches du centre, ou si elle renferme une nappe fluide universelle et à une profondeur médiocre? Les divergences se continuent quand on aborde la nature et la valeur des mouvements ayant contribué à produire le relief actuel du Globe.

Le but de l'orateur n'est pas de jeter des lumières nouvelles dans ces questions si difficiles, mais de vérifier jusqu'à quel point ce qu'il appelle l'*hypothèse contractive* est justifiée. En un mot, il cherche à se rendre compte si, réellement, les grands dérangements des couches dérivent du refroidissement séculaire et de ses conséquences. Le *temps* étant un facteur capital dans l'évaluation de la perte par irradiation dans un corps échauffé, c'est cet élément auquel s'adresse tout d'abord l'orateur; mais, faut-il le dire, ce n'est guère que pour montrer les difficultés des estimations de l'espèce. La recherche du « resserrement » éprouvé par l'ensemble des zones disloquées et plissées n'offre pas moins de difficultés, et c'est seulement dans son application aux couches les plus superficielles de l'écorce terrestre que cette méthode semble pouvoir fournir quelques données réellement utilisables. Toutefois, les résultats obtenus paraissent se traduire par des chiffres si considérables qu'ils n'inspirent qu'une confiance limitée. Soumis à l'investigation des physiciens, le problème de la contraction par refroidissement de la température donne, au contraire, une diminution de volume et une contraction superficielle très faibles.

La science, impuissante, dans les voies qui précèdent, à fournir une solution satisfaisante, a cherché ensuite dans la gravitation ou dans des causes astronomiques, continue l'orateur, les raisons du chiffonnement de l'écorce terrestre. Mais, il l'ajoute bien vite, ce sont là de pures spéculations.

En définitive, dit M. de la Vallée, le mode de refroidissement de la Terre n'est pas mieux établi que le laps de temps écoulé depuis sa première consolidation et que l'état physique du noyau interne.

L'orateur analyse ensuite un livre publié en 1886 par *Mellard Read* et intitulé : *Sur l'origine des chaînes de montagnes*. Celles-ci sont surtout considérées par l'auteur aux divers points de vue de leurs relations avec leur histoire géologique. C'est, dit-il, un ensemble de

vues assez révolutionnaire, mais où l'auteur fait preuve de beaucoup de connaissances et de talent.

Partant du fait énoncé par J. Hall que, pour un âge géologique déterminé, les couches montrant des amas sédimentaires développés de parfois plusieurs milliers de mètres d'épaisseur sont toujours tourmentées et plissées, tandis que les régions contemporaines non bouleversées n'ont parfois que quelques centaines de mètres, M. Mellard Read cherche la raison pour laquelle les efforts mécaniques se seraient systématiquement attaqués aux dépôts les plus puissants. La réponse serait que, dans un fond de bassin océanique à sédimentation active, l'ascension de la chaleur interne gagne progressivement les couches nouvellement formées.

Ce serait alors le degré géothermique qui, en augmentant et en portant sur des épaisseurs de couches considérables, déterminerait des dilatations, des expansions de volume qui, arrêtées latéralement par des masses rocheuses non influencées, ne peuvent s'étendre qu'à l'extérieur et donner naissance à des protubérances en rapport avec l'excès d'expansion dû à une dilatation cubique, que M. Read évalue être assez considérable pour expliquer les faits en discussion. Dans les conditions indiquées par le géologue anglais, ajoute l'auteur, un système de couches étendu souterrainement et arrêté à ses extrémités par des masses stables ne peut obéir à l'expansion qu'en se tordant ou en se plissant, comme il adviendrait d'une barre de fer encastrée entre deux murs si on la portait au rouge. Telle est l'explication mécanique des plissements des couches. Les plis de l'écorce terrestre, dit M. de la Vallée, ne prouvent donc rien quant à la contraction de l'enveloppe, puisque de la théorie de M. Read il résulte que ce qui était généralement considéré comme le témoignage des *resserments* de la surface serait ici, au contraire, amené par la *dilatation* des strates.

Tout en reconnaissant que, malgré son insuffisance, la théorie de Read répond mieux que l'ancienne à certaines difficultés de détail, M. de la Vallée pense que l'auteur, en dépit de sa sagacité et de l'originalité de ses vues, s'abuse sur la portée de son explication, qui, dit-il, rencontre plus d'une objection décisive, et l'orateur fournit un exemple des difficultés de la question.

Arrivant aux derniers feuillets de son exposé, M. de la Vallée ajoute :

Dans ces annales grandioses du monde que nous habitons, l'investigation a compris et relié déjà bien des pages. Ce tableau véridique qu'on peut tracer aujourd'hui des révolutions de la faune et de la flore à partir

des premiers fossiles des couches anciennes est une des plus belles conquêtes du savoir humain ! Mais que de lacunes dans nos connaissances ! La vraie nature des forces motrices qui ont creusé le bassin des océans, séparé, distribué et ridé les continents, est au nombre de ces points obscurs. Nous voyons ce que ces forces ont produit : nous n'entrevoions que très imparfaitement leur origine ; et aucune des théories inspirées à leur sujet n'a la solidité d'une thèse définitivement acquise. Nous sommes parqués à la surface, tandis que l'intérieur du Globe est le terrible inconnu, auquel ramènent à chaque instant nos tâtonnements sur son histoire. Le voile tombera-t-il jamais ? Je l'ignore. Mais le jour où l'action des agents internes sur le modelé de l'écorce serait comprise et fixée dans ses traits essentiels, marquerait un grand pas dans les connaissances de cette planète, ordonnée dès les âges les plus reculés par la sagesse éternelle pour aider au développement physique, intellectuel et moral de l'humanité.

L'article intitulé : *James Hutton et la Géologie de notre temps*, publié, en juillet 1891, dans la *Revue des questions scientifiques*, est basé sur l'examen attentif fait par M. de la Vallée d'un livre, déjà ancien, publié en 1788 sous le titre : *Theory of the Earth*, d'après un manuscrit présenté en 1785 par James Hutton à la Société royale d'Édimbourg.

Ce livre étonnant et trop peu connu marque d'un pas de géant, dit M. de la Vallée, la connaissance de l'histoire physique de notre planète. Il suffit d'ajouter que le sous-titre du livre est libellé ainsi : *Recherche des lois observables dans la composition, la dissolution et la reconstitution des roches à la surface du Globe*, pour indiquer avec précision la direction des recherches de l'auteur et montrer combien il avait judicieusement compris l'importance des actions géologiques dont est si universellement le théâtre la périphérie de notre planète.

L'auteur, déjà sexagénaire quand il publia ses idées personnelles sur l'histoire physique de la Terre, avait eu une existence et des occupations des plus variées, car il fut successivement médecin, agriculteur, chimiste et physicien, minéralogiste, géologue et météorologiste, et finalement philosophe et métaphysicien. Malgré d'étonnants préjugés philosophiques et un idéalisme peu compatible, semblerait-il, avec le coup d'œil de l'observateur et la recherche attentive de l'investigateur, il parvient à établir la Géologie sur des bases solides, et ce fut une véritable anomalie, fait observer M. de la Vallée, « que de voir ce philosophe examiner attentivement et comprendre mieux que personne un enchaînement de phénomènes à la réalité desquels il ne croyait pas ».

Le mécanisme complexe de l'ablation des reliefs terrestres, prépa-

rant aux plantes le milieu meuble et nutritif qui leur est nécessaire, abaissant les cimes, égalisant les plaines, l'entraînement par ruissellement et par sédimentation fluviale des débris continentaux transportés au sein des mers; cette lente destruction de la Terre par elle-même, tout cela fut curieusement et judicieusement exposé par Hutton il y a près d'un siècle et quart! La longueur du temps nécessité par ces actions ne lui a nullement échappé. Les indications fournies par la composition des terrains sur leur origine, l'origine spéciale du calcaire, tout cela semble écrit d'hier, et, comme le dit son savant panégyriste, Hutton, « à bien des égards, a entendu l'ensemble des actions modificatrices de la surface comme l'admet la science la plus récente ».

Si le subtil observateur, ajoute M. de la Vallée, avait connu certaines réactions chimiques, telles que la faculté dissolvante des eaux chargées d'acide carbonique, et avait pu se rendre compte du facteur colossal de transport que constituent les glaciers, il se fût trouvé « au point de vue qui fournit le plus souvent possible l'explication rationnelle des inégalités des contrées, montagnes, vallées, plaines, lacs, rivières ». En tout cas, sa doctrine se trouve largement confirmée par des faits qu'il n'a pas connus. Parlant de certaines montagnes, il disait : « Dans leur état présent, elles peuvent être comparées à ces piliers de terre que les ouvriers laissent derrière eux pour servir de mesure à la quantité qu'ils ont enlevée. » Et M. de la Vallée d'ajouter avec raison : « C'est exactement ce que le géologue peut répéter à chaque instant; c'est en deux mots l'histoire physique de toutes les collines du Brabant et des Flandres. »

Abordant la question du creusement des cours d'eau, Hutton la résout avec une sûreté déconcertante. Dédaignant l'appel aux convulsions de la Nature, au jalonnement par les failles et fractures, il expose le mécanisme réel de l'érosion séculaire avec une admirable simplicité et aborde même le cas des barrières élevées, telles que le Potomac et le haut Irtysh, sans s'en émouvoir autrement et sans invoquer fractures ni faillages préexistants.

On conçoit le plaisir que dut éprouver Ch. de la Vallée en analysant l'œuvre de ce grand précurseur des lois et phénomènes de la Géographie physique et de la Géologie rationnelle. Aussi, il termine la première partie de son exposé en disant :

En définitive, Hutton a embrassé du premier coup d'œil les données fondamentales et la portée instrumentale de la dynamique externe du Globe. Depuis 1785, notre connaissance des faits topographiques et de

l'action mécanique des cours d'eau a centuplé et marché de pair avec le progrès des sciences chimiques et lithologiques ; tout ce mouvement aboutit à confirmer les idées de Hutton, et le meilleur témoignage que nous en pouvons donner, c'est le traité didactique sur les *Formes du terrain*, publié il y a trois ans par MM. de la Noë et de Margerie, ouvrage d'une haute valeur par l'enchaînement des idées et des faits. On peut dire que c'est une œuvre *huttonienne*, renforcée par un siècle d'études et d'observations.

Nous renverrons à la suite de l'étude du savant professeur de Louvain le lecteur désireux de connaître l'explication donnée par Hutton à l'interprétation des causes qui ont transformé d'anciens fonds de mer en surfaces continentales. Il suffit de dire que Hutton, recherchant les causes initiales de la consolidation des couches, s'est trouvé entraîné par l'importance qu'il donnait à l'élément *chaleur* dans l'action de mise en mouvement des remaniements moléculaires qu'il considère avec raison comme la cause de la consolidation des dépôts primitivement formés par voie aqueuse ; et c'est ce qui l'a fait souvent dévier de la vérité. Ce facteur de la chaleur est, on le sait aujourd'hui, peu ou point nécessaire pour expliquer la transformation des amas sédimentaires et détritiques en bancs solides de première consolidation tout au moins, soit préalablement aux actions de dislocation de l'écorce terrestre ; mais, dit M. de la Vallée, la vigueur qu'il a mise à défendre cette thèse, l'ascendant qu'il a pris sur ses disciples lui ont valu d'être le chef de l'École plutonienne, comme Werner le fut de l'École neptunienne.

C'est dans l'étude des phénomènes éruptifs que Hutton inspire une admiration sans mélange pour la valeur de ses appréciations, qui en firent un véritable précurseur, autant que dans le domaine des phénomènes de la Géographie physique. Il avait embrassé le vaste domaine du volcanisme dans son ensemble, dit M. de la Vallée, qui expose ensuite comment Hutton interprétait le soulèvement des fonds marins appelés à devenir de nouveaux continents.

C'est à cette même chaleur interne qui, d'après lui, cimentait les roches de la profondeur, que Hutton attribue le soulèvement des masses sous-marines destinées à devenir des continents, des terres émergées. L'énergie élévatoire lui est démontrée par l'ascension des laves, par les projections de pierres et de cendres des volcans. Tout en ignorant sincèrement ou en laissant de côté bien des points de vue, Hutton a compris d'une manière générale, montre son panégyriste, la part immense qui revient à l'état interne du Globe dans les modifications de sa surface, notamment dans les déplacements des mers, dans la

production des plissements et des dislocations, dans l'élévation des montagnes et la restitution des continents.

En définitive, dit M. de la Vallée, nous avons vu que Hutton, naturaliste et philosophe spiritualiste, compare le globe à un animal vivant, dont les fonctions essentiellement actives sont harmonisées dans le but final de servir à l'existence des plantes, des animaux et de l'homme. Pour l'atteindre, il faut de l'eau, une atmosphère et une terre solide à même de tenir bon longtemps contre l'action désagrégeante des deux éléments mobiles. Mais il faut aussi une terre friable et mélangée, base de sustentation pour les plantes, ce qui implique la destruction continue de la portion solide. Il appartient à la chaleur de refaire des masses rigides avec les matériaux désagregés, et de reformer les continents par sa puissance expansive. Telle est en quelques mots la doctrine du grand naturaliste, dont on doit, après un siècle, admirer l'enchaînement, la profondeur et la vérité sur bien des points.

Si l'évolution des paysages terrestres et maritimes, domaine de la Géographie physique, a toujours intéressé M. de la Vallée, l'histoire du développement et des modifications de la vie animale au sein de ces paysages ne l'a nullement laissé indifférent, bien que la Paléontologie n'entrât point dans le cadre de ses spécialités. Aussi, en présence d'œuvres paléontologiques de grande envergure, telles que celle qui fit la gloire de J. Barrande et qui fit connaître au monde scientifique étonné une stupéfiante prolifération de vie au sein des mers les plus anciennes des temps primaires, Ch. de la Vallée montra combien et avec quelle compétence il s'intéressait à ces problèmes biologiques de la succession et de la transformation des facies fauniques qui dévoilèrent, sous la plume et le crayon féconds de l'illustre paléontologue de Prague, des multitudes d'êtres non soupçonnés avant lui dans ces strates si reculées de l'histoire du Monde.

La *Revue des questions scientifiques* de 1884 renferme une volumineuse étude du savant professeur de Louvain, intitulée : *Joachim Barrande et sa carrière scientifique*.

En rappelant tout d'abord la devise immuable de l'éminent paléontologue : « C'est ce que j'ai vu », son consciencieux panégyriste rend hommage, d'une manière caractéristique, à la sincérité et à la probité scientifique du fécond écrivain dont il examine l'œuvre.

Après avoir retracé la vie de Barrande et rappelé qu'il suivit en exil, à Prague, le jeune comte de Chambord, dont il fut le précepteur scientifique, tout en conservant ses fonctions d'ingénieur des Ponts et

Chaussées, M. de la Vallée nous montre comment, en s'occupant de travaux d'utilité publique et de percement de routes, le technicien, à la vue des strates fossilifères pullulant dans les tranchées qu'il perçait, sentit se développer rapidement en lui le goût de la Paléontologie. L'apparition, vers cette époque (1839-1840), du beau livre de Murchison : *Silurian System*, lui fit comprendre plus vivement encore qu'il était né homme de science, révélation qui lui survint vers l'âge de 35 ans.

Grâce aux loisirs qui lui furent très généreusement faits par son royal élève, reconnaissant de ses soins, Barrande put s'occuper exclusivement de science et dans des conditions de facilités et d'avantages matériels exceptionnels. Il voulut faire à lui seul, pour la Bohême silurienne, ce que Murchison, aidé de nombreux collaborateurs, fit pour la Grande-Bretagne, et il consacra à cette œuvre grandiose tout son temps depuis 1860 jusqu'à sa mort, en 1883, qui le surprit au travail à l'âge de 82 ans.

« De là, dit M. de la Vallée, est sortie l'œuvre colossale et cependant inachevée, intitulée : *Système silurien du Centre de la Bohême*, en vingt-deux volumes in-4°, renfermant 6 000 pages de texte et 1 160 planches; sans compter les écrits très étendus traitant de la *Défense des Colonies* et une multitude de mémoires, de notes, de comptes rendus, etc. »

Dans sa belle étude, très documentée, très fouillée, sur l'œuvre de Barrande, M. Ch. de la Vallée a choisi, dans l'ensemble de ses travaux, les faits les plus importants, les plus caractéristiques, et il s'est attaché à faire ressortir leur valeur au point de vue du progrès des sciences géologiques et paléontologiques. Cet exposé offre le plus vif intérêt et fourmille de données qu'il est regrettable, faute de place et de temps, de ne pouvoir rappeler ni même résumer ici.

Lorsqu'on songe que, par exemple, le bassin silurien fossilifère du Canada s'étend sur une aire de près de 200,000 kilomètres carrés, alors que celui de la Bohême occupe une surface d'à peine 2,400 kilomètres carrés, soit, dit M. de la Vallée, la surface du Limbourg belge, on reste confondu de voir ce que l'éminent paléontologue a pu découvrir dans ce minuscule bassin silurien. Et n'est-il pas plus étonnant encore de constater que les divisions et repères établis par Barrande dans cet ensemble complexe de couches si merveilleusement étudiées par lui, continuent encore aujourd'hui à s'appliquer aux énormes formations correspondantes d'Europe, d'Amérique et d'Asie?

En 1770, dit M. de la Vallée, on connaissait trois fossiles dans le Silurien des environs de Prague.

En 1840, quand Barrande commença ses recherches, il existait vingt-

deux espèces décrites en tout et pour tout. Or, déjà en 1852, Barrande « possédait dans sa collection personnelle entre onze et douze cents espèces du Silurien de la Bohême, et, en mourant, il a laissé au Musée de Prague une série de cinq mille espèces, dont trois mille cinq cent soixante ont été décrites et publiées par lui de son vivant ».

M. de la Vallée montre ensuite que les observations et découvertes de Barrande dans le domaine de la stratigraphie ne sont pas moins importantes : ses divisions stratigraphiques sont restées acquises à la Science. Suit l'exposé de celles-ci dans leurs relations avec leurs faunes successives, et l'auteur ajoute :

Les grands résultats scientifiques, formulés dès les premières années de ses études de la Bohême, dénotaient chez Barrande un géologue à la façon d'Alexandre Brongniart, capable de travailler au grand air, d'y saisir sur place le facies des roches, l'agencement des couches, le lien des zones fossilifères ; puis, rentré dans son cabinet, capable d'interroger, de comparer, de classer les débris organiques, sans que la perception des détails nuisît à l'intelligence des ensembles. On y trouve également un homme à vues larges et qui n'entend pas faire de la géologie de clocher. La conciliation de ses propres découvertes avec les données acquises à l'étranger, sur d'autres théâtres que celui de ses observations personnelles, est un besoin de cet esprit consciencieux et généralisateur.

Ce passage de l'étude de M. Ch. de la Vallée sur l'œuvre de Barrande est particulièrement intéressant, car il montre comment le professeur louvaniste entendait le travail et le rôle de l'homme de science, s'occupant de recherches géologico-paléontologiques. C'est d'ailleurs ainsi que les comprenait pour lui-même l'homme actif, consciencieux et infatigable, que ses élèves, parfois trop peu entraînés peut-être pour les rudes excursions qu'il leur faisait faire en Ardenne, avaient, paraît-il, surnommé *Jarret d'acier* !

Après avoir publié, en 1846, une *Notice préliminaire sur le terrain silurien et des Trilobites de la Bohême*, travail où furent tracées de main de maître les grandes lignes, toujours restées si vraies, de la stratigraphie de son champ d'étude, Barrande se consacra à la première partie de sa tâche, du moins à celle des constatations des faits paléontologiques, qu'il jugea devoir servir de base aux autres : stratigraphique et tectonique. Le temps lui fit défaut pour achever son œuvre, et même dans le domaine paléontologique, les 3 600 formes organiques siluriennes décrites par lui se rapportent seulement aux Poissons, aux

Crustacés, aux Céphalopodes, aux Acéphales, aux Brachiopodes et à une partie des Graptolithes.

Les Gastropodes, Échinodermes, Bryozoaires et Polypiers restent à publier, dit M. de la Vallée, et heureusement les manuscrits des descriptions et figures d'une bonne partie de ces éléments complémentaires de la faune silurienne ont déjà été préparés par l'auteur et attendent la mise au point d'un éditeur scientifique compétent.

Rien n'est plus intéressant que de suivre le captivant exposé de M. de la Vallée, quand il signale (pp. 15-16 de la Notice) l'organisation étonnante des recherches et fouilles des gîtes fossilifères, l'éducation spéciale des ouvriers, dont Barrande parvint à faire de remarquables chercheurs de fossiles. Pour reconstituer et figurer certains Trilobites, à caractères particulièrement variables au cours de leur croissance, Barrande examina et utilisa jusqu'à 6 000 exemplaires d'une même espèce. L'étude du développement de certaines formes difficiles lui réclama jusqu'à dix années de recherches persévérantes.

M. de la Vallée passe ensuite en revue les travaux et résultats obtenus par Barrande pour les Graptolithes, pour les Trilobites, les Céphalopodes, etc., et il entoure cet exposé de considérations personnelles du plus vif intérêt. On comprendra l'immensité d'un tel travail en se rappelant que certaines formes de Trilobites présentent, au cours de leur croissance, jusqu'à vingt et vingt-deux phases successives, ou métamorphoses, affectant les caractères et le nombre des segments. Aux Céphalopodes seuls sont consacrés onze volumes in-4° renfermant 5 600 pages de texte et 544 planches! M. de la Vallée fait ressortir avec autant d'intérêt que de clarté, dans son exposé, les nombreux points saillants de cette partie de l'œuvre, ainsi que l'originalité et la perspicacité des vues de l'auteur sur quantité de points et de détails structuraux qui n'avaient jamais été abordés avant lui.

La découverte célèbre, faite par Barrande, de la *faune primordiale*, qui faisait surgir tout un monde organique de couches si anciennes qu'on les avait crues azoïques, fournit à M. de la Vallée un chapitre encore plus intéressant, s'il est possible, que celui dont le résumé précède. La lutte acharnée que dut soutenir Barrande pour faire accepter d'abord l'existence puis l'extension, actuellement reconnue, pour ainsi dire mondiale, de cette faune primordiale, est relatée de la façon la plus évocatrice, de même aussi que les idées de Barrande sur la répartition des espèces dans le temps et dans l'espace se trouvent exposées par M. de la Vallée avec une grande lucidité. Les intéressantes conclusions du grand paléontologue sur les migrations des faunes, les causes de

celles-ci, la naissance et les motifs de l'isolement des « colonies », tout cela est exposé de main de maître par le savant panégyriste de Barrande (pp. 56-61), qui fait remarquer « qu'en résumé, le phénomène colonial repose sur deux conceptions principales : 1° la coexistence partielle de deux faunes générales qui, considérées dans leur ensemble, sont cependant successives; 2° les migrations répétées de certaines espèces, lesquelles expliqueraient les apparitions intermittentes dans le bassin de Prague ».

M. de la Vallée ajoute consciencieusement que, tant au moment de l'exposé de la thèse des « colonies » par Barrande qu'ultérieurement, de très sérieuses controverses ont eu pour but d'attribuer à des phénomènes d'*ordre mécanique* ayant affecté les couches siluriennes, les récurrences et réapparitions fauniques décrites comme telles par l'illustre défenseur des « colonies ».

En terminant son exposé sur l'œuvre magistrale de Barrande, M. de la Vallée rappelle en peu de mots quelques-unes des affirmations les plus importantes que le savant de Prague opposait à l'hypothèse de la transformation graduelle et de la marche progressive des organismes à travers les âges géologiques.

En 1884, M. de la Vallée se trouvait naturellement encore sous l'influence d'une phase antérieure de nos connaissances paléontologiques qui lui permettait, comme à tant de savants de sa génération, d'admettre, avec Agassiz, que la théorie darwinienne sur l'origine des espèces était une doctrine « qui, de la conception, descend aux faits et cherche des faits pour soutenir une idée ».

Mais déjà M. de la Vallée, dans ce même travail d'il y a vingt ans, reconnaît en toute conscience que Barrande, « en repoussant toutes les combinaisons transformistes mises en avant pour éclairer le mystère qui plane sur les faunes fossiles, quant à leur succession, *ne mettait rien à la place* », et il ajoute, en terminant son étude, que « le doute si justement exprimé par Barrande ne découragera pas l'effort de l'intelligence humaine pour résoudre une des grandes énigmes de l'Univers ».

Si, à près de vingt ans de distance — presque une génération humaine — et documenté par le progrès considérable et si suggestif de la Paléontologie moderne, M. de la Vallée avait eu à se prononcer à nouveau sur cette importante question, nul doute qu'il eût reconnu, avec tous les paléontologues compétents d'aujourd'hui, que la grande énigme s'est transformée, en faveur du principe de l'Évolution, en une solution certaine. Nous croyons même savoir qu'il lui arriva plus d'une fois de se prononcer à cet égard d'une manière explicite devant ses

élèves et que ses convictions transformistes ne le cédaient guère à celles de ses collègues de l'Université de Louvain que la nature spéciale de leur enseignement appelle à se prononcer sur l'origine des organismes qui peuplent notre globe.

Voici bien des extraits, bien des résumés et citations, objecteront peut-être d'aucuns; éléments venant interrompre trop souvent l'hommage biographique et personnel qui est le but de cet article. Mais ne sont-ils pas, au contraire, le fidèle reflet de l'œuvre de celui auquel nous rendons hommage, le rappel de ses préoccupations et de ses pensées; n'indiquent-ils pas nettement le courant de ses études et le choix de ses sujets de prédilection? Ne peut-on même espérer que, ayant ici rappelé sommairement et à vol d'oiseau les aspects variés et toujours si instructifs et si intéressants du vaste champ d'études et de recherches du savant professeur de Louvain, cet exposé, forcément incomplet, simple grisaille endeuillée et sans prétention de son œuvre, conduira — hommage précieux pour la mémoire de Ch. de la Vallée — bien des lecteurs à vouloir reprendre en détail la lecture de divers travaux ici simplement effleurés et à mettre ainsi pratiquement en lumière toute la valeur et tout l'intérêt qui s'attachent à l'œuvre complexe et considérable dont nous avons, avec plus de vaillance que d'autorité, tenté de mettre en relief l'intérêt et tout le mérite?

Mais après l'œuvre, revenons à l'artisan maintenant, et aux tristes éléments précurseurs du repos éternel du grand et actif travailleur que fut toujours Ch. de la Vallée Poussin.

Il semblait que le temps, qui cependant avait, pendant plus de trois quarts de siècle et pendant quarante laborieuses années d'enseignement et d'études, pesé en vain sur les épaules du travailleur actif et inlassable, n'avait réussi qu'à démontrer sa vaillante résistance au poids des ans et du labeur. D'une verdeur et d'une activité étonnantes, n'ayant, de longtemps, subi aucun changement physique appréciable, toujours alerte, vif et portant beau, Ch. de la Vallée paraissait avoir à accomplir encore le couronnement de sa belle carrière! Mais ces espérances ont été cruellement trompées. Ce sont de très inattendues attaques de paralysie successives et répétées qui ont, en quelques mois, emporté cet homme actif, inlassable, et dont le tempérament sec et nerveux ne faisait guère prévoir, même à l'âge avancé qu'il avait atteint, le danger d'un pareil assaut. Très éprouvé, il est vrai, dans les dernières années de sa vie, par la mort de la digne compagne de son

existence, il avait eu cependant, outre les consolations qu'il puisait dans une foi ardente, la joie de voir réussir vaillamment, dans des carrières diverses, ses trois fils, dont l'un est devenu, en même temps que son collègue à l'Université, son confrère à l'Académie royale, dans la Section des sciences physiques et mathématiques.

Ainsi se trouve réalisé, dans cet ordre d'idées, le vœu que tous ceux ayant connu le savant affable et distingué dont la Belgique déplore la perte, ont exprimé en leur for intérieur, de voir se perpétuer parmi nous, dans son pays d'adoption, un nom hautement respecté et vénéré, faisant partie de la glorieuse phalange des élèves et amis des d'Omalius et des A. Dumont.

L'auteur des présentes lignes fut parmi ceux, nombreux d'ailleurs, que M. Ch. de la Vallée Poussin obligea et auxquels il accorda les dévoués services que son caractère, ami de la justice et de l'équité, le portait à rendre, avec une bonne grâce ne réclamant d'autre gage qu'une cause juste.

En traçant ici, à la mémoire du savant professeur, du géologue distingué, quelques pages constituant un hommage qui s'adresse en même temps à l'homme de cœur et de bien incarné en Ch. de la Vallée, nous accomplissons un devoir, bien doux à notre cœur, inspiré par nos souvenirs reconnaissants et dévoués. Ce devoir, nous sommes doublement heureux de l'accomplir, en nous faisant l'écho des sympathies admiratives de nos collègues de la Société belge de Géologie qui, comme moi, saluent avec respect et émotion le départ d'un des plus dignes et des plus estimés représentants de la Géologie belge et de l'urbanité scientifique.

Bruxelles, le 10 mai 1903.



CONTRIBUTIONS A LA GÉOLOGIE DES PAYS-BAS

FASCICULE X

SONDAGES EN ZÉLANDE ET EN BRABANT

PAR

le D^r J. LORIÉ (1)

Privat-Docent à l'Université d'Utrecht.

Dans le courant des dernières années, j'ai rassemblé les échantillons de quelques sondages de nos provinces méridionales, qui ne présentent pas seulement un intérêt local. A leur description je veux joindre un aperçu critique d'un travail important de M. le D^r F. Seelheim, peu connu en Belgique, ainsi qu'une revision des dépôts rapportés par le forage de Goes, dont la description a été insuffisamment développée dans mes « Contributions I » de l'année 1885, travail principalement paléontologique.

CHAPITRE I.

Anciens sondages en Zélande, décrits par M. Seelheim.

Entre les années 1875 et 1877, les administrations locales en Zélande ont fait exécuter quarante-cinq forages, de 50 à 50 mètres de profondeur, dans le but de connaître le sous-sol, surtout dans les endroits où

(1) Les *Contributions à la géologie des Pays-Bas*, fascicules I, II, III, V et VI, ont paru dans les ARCHIVES DU MUSÉE TEYLER, Harlem, 1885-1895. Les fascicules IV, VII, VIII et IX, dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE, t. III, IX, X et XVI.

Le texte de ce fascicule X a été présenté à la séance du 18 novembre 1902.

des écoulements de digues (dijkvallen) menacent continuellement. Les *Actes de l'Académie des Sciences d'Amsterdam*, de 1879, en contiennent les descriptions, faites sous le titre de : *De Grondboringen in Zeeland*, par M. le Dr F. Seelheim.

La manière de décrire les terrains traversés adoptée par cet auteur diffère tellement de la mienne que je dois me borner à mentionner les limites supérieures et inférieures des étages géologiques d'après ses indications, ce qui est rendu plus facile par la répartition des sondages dans les huit groupes suivants, se succédant de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud :

- A. Bruinisse, à l'extrémité orientale de l'île de Schouwen.
- B. Stavenisse, à l'extrémité occidentale de l'île de Tholen.
- C. Vlietepolder, bord septentrional de l'île de Nord-Beveland.
- D. Oost-Beveland, bord Nord-Est de l'île de Sud-Beveland.
- E. Borselen, extrémité Sud-Ouest de cette île.
- F. Huissens-polder, sur l'Escaut occidental, à l'Est de Terneuzen.
- G. Environs de Terneuzen.
- H. Hoofdplaat, sur l'Escaut occidental, à l'Ouest de Terneuzen.

Les roches rencontrées sont la tourbe, l'argile et le sable, plus ou moins entremêlés, parfois calcaires ou ferrugineux.

La tourbe doit être considérée en partie comme un reste de la vaste couche, datant du commencement de notre ère, si terriblement démantelée par les inondations du moyen âge. Elle a été rencontrée dans le groupe A, entre 2^m,8 — 4^m,5 (sommet) et 5^m,5 — 4^m,8 — A. P. (1) (base); son épaisseur varie de 0^m,5 — 1^m,5. Un fait curieux est la constatation d'une tourbe à grande profondeur, soit 15^m,7, à 14^m,2 — A. P., fait très rare en Zélande, mais fréquent en Hollande. J'ai constaté un phénomène semblable dans un des sondages du canal de Terneuzen, exécuté en 1900, où la tourbe descend jusqu'à 9^m,7 — A. P. (*Actes de l'Académie des Sciences d'Amsterdam*, 1902.)

Dans le groupe B, elle n'a été constatée que par un seul forage, et entre 2^m,6 et 4^m,4 — A. P. Finalement, six forages du groupe E l'ont traversée; la limite supérieure varie de 1^m,85 à 5^m,85, l'inférieure de 5^m,85 à 4^m,85 — A. P.; l'épaisseur, de 1 mètre à 2^m,5.

Le sable se compose en première ligne de quartz, ensuite de glauconie et de quelques rares minéraux accessoires, tels que la muscovite, la biotite, l'amphibole et la cyanite. Les grains de quartz du Diluvium

(1) A. P. Amsterdamsch-Peil, niveau moyen de la mer.

(tel qu'il est compris dans la conception de M. Seelheim) ont un diamètre de $\frac{1}{4}$ à $\frac{5}{4}$ de millimètre et sont généralement arrondis. Ceux des couches tertiaires sont plus anguleux et varient en taille, de la poussière la plus fine à celle des grains du dépôt diluvien.

Les grains de glauconie sont de forme souvent très bizarre, conséquence de ce qu'ils ont rempli les loges de foraminifères. Parfois on rencontre ces derniers, surtout les petits échantillons, encore intacts, preuve de ce que la disparition du test calcaire est la conséquence de l'usure mécanique, plutôt que de la dissolution chimique.

Pour la distinction des étages géologiques, l'auteur part des principes suivants :

Dans l'Alluvium, on observe une alternance de minces couches sableuses et argileuses, contenant souvent des restes animaux. Il se termine nettement par une couche de tourbe, qui manque parfois. (Pour moi, cette tourbe se trouve *dans* l'Alluvium et pas nécessairement à sa base.)

Le Diluvium se compose principalement de sable quartzeux et contient peu d'argile. Dans trois des groupes, on peut le diviser en deux étages. Le supérieur est un peu calcaire, contient des débris de coquilles et est considéré par M. Seelheim comme un dépôt de l'Escaut et de la mer. L'inférieur est non calcaire; il manque dans les autres forages et est considéré comme un dépôt de la Meuse et du Rhin.

Dans le Tertiaire, l'auteur distingue :

1° Le Crag ou Scaldisien, sable argileux avec beaucoup de fragments de coquilles et de coquilles entières;

2° Le Sable vert ou Diestien, qui contient jusqu'à 50 % et davantage de glauconie. Il est généralement sableux, privé de foraminifères, d'argile et de calcaire;

3° Le Rupelien, qui permet de distinguer trois étages :

a) Une argile compacte, sans fossiles;

b) Une alternance de couches de sable et d'argile, contenant parfois des fossiles;

c) Des couches principalement sableuses et glauconifères, parfois argileuses.

Les couches tertiaires ont généralement une faible inclinaison, soit vers le Sud-Est, soit vers le Nord-Est, de sorte qu'elles sont plus élevées vers la Belgique et vers la Mer du Nord. Les couches diluviales et alluviales, au contraire, sont à peu près horizontales.

Le tableau suivant donne les bases des différents étages géologiques

au-dessous du niveau d'Amsterdam. La surface du sol se trouve généralement à 1 mètre au-dessus. Les chiffres entre parenthèses indiquent la base du sondage.

GROUPES.	ALLUVIUM.	DILUVIUM		PLIOCÈNE.	OLIGOCÈNE.
		supérieur.	inférieur.		
A.	13 ^m ,7 — 19 ^m ,9	24 ^m ,8 — 29 ^m ,7	(32 ^m ,0 — 37 ^m ,8)	Non atteints.	
B.	6,6 — 7,6	22,6 — 34,6	(37,6 — 44,6)	(47 ^m ,6)	
C.	4,0 — 8,0	27,3 — 29,9	(35,0 — 37,6)	Non atteints.	
D.	3,2	(38,2)		Non atteints.	
E.	1,25 — 4,85	9,85 — 32,9		21,0 — 42,15	Non atteint.
F.	4,9 — 4,4	21,2 — 28,6		(36,7)	(36,7 — 36,9)
G.	2,9 — 15,0	24,2 — 30,7		Manque.	(36,9 — 46,6)
H.	+ 2,2 (au-dessus de A. P.) — 14,4	15,6 — 34,4		Manque.	(26,7 — 36,9)

On voit que ces chiffres subissent des oscillations assez considérables, que l'Alluvium diminue en épaisseur en allant du Nord au Sud, et qu'une division en deux parties dans le Diluvium n'a pu être faite que dans les trois premiers groupes (Schouwen, Tholen et Nord-Beveland), ce qui pourra être expliqué suivant la manière dont M. Seelheim comprend les choses (voir p. 205).

Le Pliocène n'a été rencontré avec certitude que dans deux groupes de forages, E et F; il manque donc dans la partie occidentale de la Flandre zélandaise et plonge (probablement) vers le Nord.

CHAPITRE II.

Ancien sondage de Goes (Revision).

En 1864, l'État a commencé à Goes un sondage profond, près de la prison cellulaire, dont le but, la recherche de l'eau potable, n'a pas été atteint. Pour cette raison, il a été abandonné en décembre 1872, après la descente du sixième tube concentrique.

En 1885, je publiai mes *Contributions à la géologie des Pays-Bas*,

I, *Résultats géologiques des forages d'Utrecht, Goes et Gorkum*, faisant partie des *Archives du Musée Teyler*, de Harlem. Dans ce travail, la description de nombreuses coquilles bien conservées prit une place si importante, que je me contentai de copier une liste des terrains du sondage, dressée par Hannink, inspecteur du forage.

Pour le sondage d'Utrecht, j'ai agi de la même manière, en reproduisant une énumération des terrains, dressée par M. Harting; mais quelques années après, je me vis obligé de les examiner moi-même. Je publiai les résultats de cet examen dans mes *Contributions à la géologie des Pays-Bas, IV, Les deux derniers forages d'Amsterdam*, faisant partie de notre *Bulletin* de 1889.

Actuellement, le besoin s'est fait sentir d'examiner moi-même les échantillons de Goes; sans cela, une comparaison de ce sondage avec celui de Flessingue ne serait guère possible.

L'orifice se trouve à 4^m,20 + A. P., de sorte qu'évidemment le sol y a été rehaussé de 5 mètres au moins.

No d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile marine sableuse, brun clair, fragments de poterie, <i>Cardium edule</i>	— 1,30	5,50
2.	Sable marin, fin, gris clair, argileux et un peu tourbeux en haut (au-dessus de 4 mètres — A. P.). Fragments de coquilles et de bois.	33,80	32,50
3.	Sable fin, glauconifère, avec quelques débris de coquilles.	39,80	6,00
4.	Argile rougeâtre, avec un peu de sable et de débris de coquilles.	41,20	1,40
5.	Sable fin, glauconifère, avec des débris de coquilles en haut, argileux et mêlé de débris végétaux en bas.	44,20	3,00
6.	Argile rouge, très dure. (Impossible de dire si l'on a affaire à une couche réelle ou à quelques rognons, remaniés du Rupélien.)	44,25	0,05
7.	Sable fin, gris clair, un peu glauconifère comme aux numéros 5 et 3, avec un peu d'argile et de débris végétaux.	46,65	2,40
8.	Sable fin, moins clair et homogène, avec des grains de 0 ^{mm} ,6 et 0 ^{mm} ,7. Beaucoup de débris de coquilles et quelques galets d'argile rouge clair.	54,55	7,90
9.	Sable fin, peu différent du précédent, plus glauconifère, un peu plus grossier, beaucoup de débris de coquilles, qui, à partir de 62 mètres — A. P., sont plus abondants que le sable.	64,30	9,75

10. Sable plus fin, beaucoup plus glauconifère qu'au numéro 9. En dessous de 67 mètres, le quartz et la glauconie sont en égales quantités	71,80	7,50
11. Sable très fin, gris clair, un tiers de glauconie	93,20	21,40
12. Argile solide, dure, violet-gris, un peu sableuse. . . .	95,80	2 60
13. Rognons marneux, angulaires, à cassure conchoïde, donc probablement plus grands à l'origine, mais brisés par l'opération du sondage. Ils ressemblent fort à l'argile suivante, dont ils ne sont probablement que la partie durcie par la concentration de calcaire	99,30	3 50

Le rapport de M. Hannink parle d'une *steenlaag*, ce que j'ai traduit en 1885 par *couche à cailloux*, croyant avoir affaire à des cailloux roulés.

14. Argile grise, solide.	109,70	10,40
15. Seconde couche de rognons marneux gris, ressemblant fort à la précédente et à l'argile 14	109,74	0,04
16. Argile feuilletée, grise, avec des cristaux de gypse. Foncée en haut, claire en bas.	159,80	50,06
17. Sable fin, argileux, glauconifère. Les grains de quartz mesurent 0 ^{mm} ,2 - 0 ^{mm} ,3, parfois 0 ^{mm} ,6 - 0 ^{mm} ,7, ceux de glauconie 0 ^{mm} ,1 - 0 ^{mm} ,2. Traces de coquilles. . .	168,30	8,50

Le rapport précité parle d'une couche de *monsterschelpen* (coquilles monstrueuses ou gigantesques), trouvées entre 110 et 167 mètres, par conséquent dans une des couches 14, 15 ou 16, qui auraient été remises au Dr Bosquet, à Maëstricht. Je n'ai pas réussi à les retrouver; peut-être sont-ce des *Pectunculus obovatus* du Rupélien.

18. Argile grise, foncée et sableuse, tachetée de fer et renfermant des cristaux de gypse, en haut et en bas. Elle est plus claire et non sableuse, un peu glauconifère au milieu (174 - 190 mètres — A. P.).	197,30	29,00
19. Sable fin, plus ou moins argileux, 0 ^{mm} ,3 - 0 ^{mm} ,4. Au-dessus de 205 mètres — A. P. il contient 20 % de glauconie, en bas 10 %, avec des traces de coquilles.	219,70	22,40

Évidemment, le sondage a pénétré dans le Rupélien; très probablement l'Oligocène inférieur (le sable Tongrien) manque, de sorte qu'il faut décider si l'Éocène supérieur, le système asschien, a été atteint ou non. Or, il est fort difficile de marquer une limite entre l'Asschien et le Rupélien, tant que les fossiles (coquilles ou Nummulites) font défaut, et on doit se borner à rattacher les couches traversées tant bien que mal à des couches mieux connues. Le résultat de mon examen

est que je ne vois aucune raison de supposer que le sondage ait quitté l'Oligocène.

Dans mon travail de 1885 rappelé ci-dessus, j'ai admis que le Rupélien s'élevait jusqu'à 106 mètres. Aujourd'hui je suis convaincu que les deux couches de rognons marneux en font aussi partie et qu'à elles se rattache l'argile en dessous de 93 mètres, niveau auquel se terminerait donc le Rupélien.

Les nombreuses coquilles bien reconnaissables prouvent qu'au-dessus de ce niveau se trouve le système diestien, le Pliocène inférieur, que j'ai fait monter en 1885 jusqu'à 56 mètres — A. P. Or, il y a une limite peu importante entre les couches 8 et 9 à 54^m,5 — A. P., de sorte que ce dernier chiffre serait préférable au niveau de 56 mètres. Ensuite, je n'ai pas de raison pour modifier l'opinion que j'ai émise en 1885, en disant que le Scaldisien monte jusqu'à 50 mètres; il comprend donc les couches 3, 4, 5, 6, 7 et 8, ainsi que la partie inférieure de 2, qui forme un tout dans la collection que j'ai examinée.

Je citerai finalement les 50 mètres supérieurs que j'ai considérés en 1885 comme appartenant au Diluvium sableux. Comme la série des échantillons rapportés est très défectueuse pour la partie supérieure du sondage, je dois me borner à dire que je suis convaincu qu'en dessous de l'argile marine (1^m,3 — A. P.) se trouve un sable marin, relié à la période actuelle, opinion que j'ai émise en 1891 dans le *Journal de la Société de Géographie néerlandaise*.

Résumant la répartition des étages, je donne les chiffres suivants :

A. Alluvium, argile et sable (comprenant un Diluvium possible, mais non démontré).	4 ^m ,0 + A. P. — 29 ^m ,0 — A. P.
B. Pliocène moyen.	29,0 — 54,5
C. Pliocène inférieur.	54,5 — 93,0
D. Rupélien (base du sondage).	93,0 — 220,0

M. Seelheim a aussi examiné les échantillons du sondage de Goes et donne les chiffres suivants :

1. Base de l'Alluvium : 4 mètres — A. P.
2. Base du Diluvium : 41 mètres, ce qui diffère notablement de mon chiffre de 29 mètres, fondé sur l'examen des coquilles.
3. Base du Scaldisien (Crag) : 66^m,8 (mon chiffre est 54^m,5).
4. Base du Diestien (sable vert) : 93^m,8, qui s'accorde très bien avec le mien.
5. Base du Rupélien supérieur : 133^m,8; mon chiffre (base de la couche 16) est 159^m 8.
6. Base du Rupélien moyen, couches alternantes de sable et d'argile : 180^m,8.

Il me serait impossible d'établir une concordance entre ce chiffre et l'une de mes limites, et j'en suis arrivé à me demander s'il n'y a pas eu deux collections du sondage de Goes, faites par deux personnes et selon deux principes différents. Je me trouve dans le même embarras pour le sondage de Flessingue.

CHAPITRE III.

Sondages de Bruinisse et la question du Diluvium en Zélande.

Le village de Bruinisse est situé à l'extrémité orientale de l'île de Schouwen. En 1896, on y a exécuté deux sondages, dont les échantillons me furent offerts par M. G. Bolier, inspecteur de la digue, auquel je témoigne ici toute ma gratitude.

SONDAGE I. — Sur la rive gauche du Grevelingen.

Cote de la surface = 1^m,2 + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile sableuse, brun clair. <i>Littorina littorea</i> , <i>Hydrobia ulvae</i> , <i>Mytilus edulis</i> , <i>Cardium edule</i>	— 0,35	1,55
2.	Sable très fin, gris clair, très argileux, 0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2 (0 ^{mm} ,3)	2,35	2,00
3.	Tourbe noire, avec restes de plantes de marais	2,75	0,40
4.	Sable très fin, comme 2, surtout en bas (11 ^m ,65 — 15 ^m ,35), moins argileux en haut (2 ^m ,75 — 11 ^m ,65). Débris de <i>Zostera</i> et de <i>Fucus</i> . Entre 6 et 9 mètres, fragments de <i>Mytilus</i> , <i>Cardium</i> , <i>Scrobicularia</i> , <i>Pholas</i> , <i>Balanus</i> , <i>Echinocardium</i> , nombreuses <i>Hydrobia ulvae</i>	15,35	12,60
5.	Sable fin, un peu plus grossier (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3, jusqu'à 0 ^{mm} ,5), glauconifère	17,35	2,00
6.	Sable très fin (0 ^{mm} ,1), très argileux en haut, non argileux en bas. Rares grains de glauconie	19,35	2,00
7.	Sable fin, glauconifère, plus grossier que les précédents (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,4)	21,35	2,00
8.	Sable relativement grossier (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,5, avec beaucoup de grains de 0 ^{mm} ,6, 0 ^{mm} ,7 et même 1 millimètre), distinctement bigarré. Un fragment de <i>Mytilus</i> , quelques petits cailloux (jusqu'à 1 centimètre) de grauwacke, de grès et de quartz laiteux.	28,35	7,00
9.	Argile brune, sableuse	37,35	9,00

**SONDAGE II. — Sur la rive droite du Zype, qui relie le Grevelingen
à l'Escaut oriental.**

Cote de la surface : 0^m,9 + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile brun clair, micacée, peu sableuse	— 0 ^m ,70	1 ^m ,60
2.	Sable très fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2), gris clair, argileux, tourbeux vers le bas, traces de coquilles	3,70	3,00
3.	Sable extrêmement fin (0 ^{mm} ,1 et au-dessous), argileux, micacé, fragments de coquilles assez nombreux, <i>Mytilus</i> , <i>Cardium</i> , <i>Tellina</i> , <i>Littorina</i> et beaucoup de <i>Hydrobia ulvae</i>	14,70	11,00
4.	Sable très fin, clair, non argileux, glauconifère, plus grossier que le précédent, non bigarré	25,70	11,00
5.	Sable relativement grossier, avec grains de 0 ^{mm} ,5 — 0 ^{mm} ,6, bien arrondis. Quelques fragments de coquilles (<i>Mytilus</i> , <i>Bythinia</i>). Peu de grains de quartz rouge ou de glauconie et quelques rares cailloux de quartz, de silex (jusqu'à 8 ^{mm}) et de calcaire noir, oolithique (de 2 — 20 millimètres). C'est donc un sable un peu graveleux, mais nullement un gravier	26,70	1,00
6.	Sable très fin (0 ^{mm} ,05 — 0 ^{mm} ,1), très peu glauconifère, argileux en bas	31,20	4,50
7.	Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4), brun clair. Rognons roulés d'argile et de marne durcies, ferrugineuses. Fragments assez nombreux, brun jaunâtre, de coquilles méconnaissables, provenant probablement du Scaldisien	35,70	4,50
8.	Sable très fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3), gris clair, argileux	37,70	2,00

En somme, les deux sondages ont traversé un ensemble de couches sableuses et argileuses, abstraction faite de la tourbe peu développée.

Quant au sable, on ne saurait nier qu'il devient plus grossier, un peu graveleux même, vers le bas; c'est évidemment celui que M. Seelheim considère comme Diluvium. En tout cas, c'est du Diluvium très peu typique, et je suis tout aussi disposé à considérer l'ensemble des couches traversées comme dépôts modernes. Généralement, le remplissage d'un bras de mer en Zélande commence par le dépôt de sable marin, relativement grossier, qui se couvre de sable de plus en plus fin et finalement d'argile, à mesure que les courants de flux s'affaiblissent. En tout cas, on sait maintenant qu'à une certaine profondeur, en dessous de 20 à 25 mètres — A. P., on rencontre un sable plus grossier, et il me paraît fort probable que sa plus grande perméabilité est la

principale cause qui le rend boulang et qui provoque les écroulements de dignes si redoutés.

Un autre point de quelque intérêt est la nature bigarrée de rouge clair du sable entre 21 et 28 mètres — A. P. du forage I, et qui rappelle en effet les sables franchement diluviaux de la terre ferme.

CHAPITRE IV.

Sondages de Walcheren.

A. — ANCIENS SONDAGES.

M. Seelheim, dans son travail prérappelé, cite quelques sondages antérieurs dans l'île de Walcheren, qu'il ne faut pas laisser tomber dans l'oubli. La coupe des terrains constitue un appendice à la *Geneeskundige Plaatsbeschrijving van Zeeland* (Topographie médicale de la Zélande), La Haye, 1870. Je les reproduirai en abrégé, parce que les interprétations en sont mieux comparables aux miennes.

I. Sondage à l'Ouest des nouvelles écluses à Flessingue.

Cote de la surface : 0^m,80 — A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile, mêlée de tourbe	— 1 ^m ,80	1 ^m ,00
2.	Tourbe	3,50	1,70
3.	Argile, en partie tourbeuse	5,30	1,80
4.	Sable argileux (spier)	8,60	3,30
5.	Argile brune, sableuse	8,90	0,30
6.	Sable plus ou moins argileux. coquillier entre 15 ^m ,5 et 16 ^m ,5 et entre 17 ^m ,5 et 22 ^m ,37 — A. P.	22,40	13,50
7.	Sable très fin, avec traces de coquilles.	24,30	1,90
8.	Sable argileux, vert foncé en partie, coquillier au-dessus de 25 mètres — A. P.	28,30	4,00

II. Sondage au Nord des nouvelles écluses de Flessingue.

Cote de la surface : 0^m,70 — A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile et sable très argileux.	— 2,20	1,50
2.	Sable argileux, mêlé de tourbe	4,00	1,80
3.	Sable fin, gris bleuâtre en haut, brun en bas.	8,60	4,60

4. Argile brunâtre	10,10	1,50
5. Sable fin, gris ou brun, plus ou moins argileux, plus grossier en bas	14,40	4,30
6. Sable fin, brun ou gris, avec traces de coquilles.	19,50	5,10
7. Sable argileux, avec beaucoup de coquilles.	20,50	1,00

III. Premier forage de Veere, près de l'écluse.

Cote de la surface : 0^m,3 + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile marine, tourbeuse à la base.	— 2,40	2,70
2.	Tourbe, sableuse à la base	2,90	0,50
3.	Sable, argileux en haut (spier), coquillier en bas	8,70	5,80
4.	Sable grossier.	13,40	4,70
5.	Sable, parfois argileux.	19,80	6,40

IV. Second forage de Veere, près de l'écluse.

Cote de la surface : 0^m,6 + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile marine, brune.	— 1,40	2,00
2.	Sable gris bleuâtre.	2,20	0,80
3.	Tourbe, argileuse vers la base.	4,40	2,20
4.	Argile bleue.	8,40	4,00
5.	Sable brun et sable grossier	12,20	3,80
6.	Sable bleu	19,70	7,50

Il y aurait quelque motif de faire commencer sous Veere, à environ 8^m,50—A. P., le Diluvium suivant la conception de M. Scelheim, qui ne sort pas des limites qu'il indique (16 mètres groupe A, 2^m,5 groupe B).

Quant à la couche de tourbe, tant démantelée en Zélande, on l'a trouvée à Flessingue de 2^m,50 à 3 mètres et de 1^m,80 à 3^m,50 — A. P., et à Veere de 2^m,40 à 2^m,90 et de 2^m,20 à 4^m,40 — A. P. Il n'est fait aucune mention de l'intéressante « tourbe située à plus grande profondeur (jusqu'à 19 mètres — A. P.) » que j'ai retrouvée en tant d'endroits des deux provinces de Hollande.

La variation des couleurs, due au degré d'oxydation du fer, est parfois curieuse. Ainsi sous Veere (n^o IV), on rencontre un « sable brun » à 8-12 mètres — A. P., et sous Flessingue, une « argile brune » entre 8^m,60 et 8^m,90 ou 10^m,10 — A. P., coïncidence remarquable.

B. — RÉCENT SONDAGE DE FLESSINGUE.

Dans le courant des années 1895 et 1896, la Société d'Exploitation des Chemins de fer de l'État a entrepris un sondage tout près de la gare de Flessingue, dont le but, la recherche de l'eau douce, n'a pas été atteint. Malheureusement, il en est de ce sondage comme de tant d'autres : le géologue n'en prend connaissance que quand le travail est terminé. Il va sans dire qu'il eût donné des résultats plus fructueux pour la science si j'avais été prévenu avant le commencement des travaux.

A part cela, je me fais un plaisir d'exprimer ma gratitude envers la Direction principale de la Société à Utrecht, envers feu M. van der Kun, son ingénieur à Bréda, et surtout envers M. Koning, son inspecteur à Middelbourg, qui a eu plus spécialement à s'occuper du travail et qui m'a aidé à divers points de vue.

Les coquilles se trouvaient en partie dans les échantillons mis à ma disposition, mais principalement dans un monceau qui se trouvait près de l'orifice du sondage, et d'où j'ai pu les faire retirer, grâce aux bons soins de M. Koning. Il va sans dire qu'ils n'ont pas de valeur pour la stratigraphie, sauf quelques-uns très caractéristiques, comme *Fusus contrarius*, *Terebratula grandis*, etc., qui servent du moins à démontrer que tel ou tel étage géologique a été entamé.

Ensuite, il s'est présenté un fait aussi inexplicable que déplorable : il existe deux collections d'échantillons, dont les chiffres de profondeurs sont parfois assez différents. Pour toute sûreté, je m'en tiens à la liste, indiquée comme officielle, mais qui a rapport à la collection que je n'ai pas examinée. Impossible de faire luire plus de lumière dans ces ténèbres, l'entrepreneur étant décédé.

En lisant l'énumération de ces circonstances, on serait tenté de se demander : « Les ingénieurs savent-ils ou non qu'il existe une science géologique, aux progrès de laquelle ils pourraient aider avec un peu de bonne volonté et avec si peu de peine? »

Cote de la surface : 3^m,5 + A. P.

Nos d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile marine, gris clair et sable marin fin, terrain remblayé	+ 1 ^m ,80	1 ^m ,70
ALLUVIUM MARIN.			
2.	Argile marine, gris clair.	1,55	0,25
3.	Sable marin, fin, un peu argileux	1,25	0,30
4.	Argile tenace, gris clair, mêlée de sable fin	0,50	0,75

5. Sable marin, fin, un peu argileux	0,20	0,30
6. Argile tenace, gris clair, sableuse	— 2,50	2,70
7. Tourbe noire, avec un peu d'argile.	3,00	0,50
8. Argile grise, mêlée d'un peu de sable fin. Débris de coquilles, probablement <i>Scrobicularia piperata</i> . . .	4,90	1,90
9. Sable fin, blanc (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2, rarement 0 ^{mm} ,5), avec quelques rognons calcaires, au-dessus de 6 mètres — A. P. et mêlé de poudre brune, tourbeuse, entre 8 et 9 mètres — A. P. A sa base, il contient quelques petits cailloux (3-4 millimètres) de calcaire noir bleuâtre et de silex. De temps à autre, il contient quelques coquilles, telles que <i>Cardium edule</i> , <i>Corbula gibba</i> , <i>Hydrobia ulvae</i>	10,50	5,60

SYSTÈME EEMIEN, DILUVIUM SABLEUX OU FLANDRIEN MARIN.

10. Sable quartzeux plus grossier, glauconifère vers le bas, avec des fragments de <i>Cardium edule</i> , de <i>Scrobicularia</i> , de <i>Serpula</i> et de bois	13,75	3,25
11. Sable grossier (0 ^{mm} ,6 — 0 ^{mm} ,7, même 1 millimètre), bigarré clair, coquilles typiques de l'Eemien, telles que <i>Mytilus edulis</i> , <i>Pecten</i> , <i>Cardium edule</i> , <i>Scrobicularia piperata</i> , <i>Tellina</i> , <i>Corbula gibba</i> , <i>Hydrobia ulvae</i> et un petit <i>Cerithium reticulatum</i> , l'espèce caractéristique par excellence du système eemien. Un petit <i>Capulus</i> est peut-être remanié du Pliocène	14,00	0,25
12. Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3, rarement 0 ^{mm} ,5), glauconifère à la base, contenant une couche d'argile. Quelques coquilles eemiennes, <i>Cardium edule</i> , <i>Tellina Balthica</i> et le caractéristique <i>Tapes virgineus</i>	18,50	4,50

TERTIAIRE.

13. Sable fin (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,5), argileux et argile très sableuse, gris clair (18 ^m ,7 — 19 ^m ,5). Débris de coquilles et beaucoup de valves entières de <i>Corbula gibba</i>	26,50	8,00
14. Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3), très glauconifère, distinctement vert. Petit caillou de grauwaacke et un de silex. Ce sable contient deux espèces de nodules durcis. Les uns, plus nombreux, ne sont évidemment que le sable environnant, durci par de la silice, exceptionnellement par le calcaire des coquilles qu'il contient. Ils sont toujours arrondis. Les autres sont plus gros, à arêtes plus ou moins tranchantes, donc évidemment des fragments de nodules plus gros, brisés (par l'opération du sondage). Ils sont bruns, homogènes, marneux et proviennent probablement d'une des couches argileuses inférieures. Ils rappellent parfaitement ceux du sondage de Goes, de 96 à 99 et de 109 mètres — A. P., qui se trouvent dans le Rupélien	46,50	20,00

15. Argile gris clair, micacée, peu sableuse, non glauconifère	48,00	1,50
16. Sable fin, vert, plus fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2) en haut qu'en bas (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3). Quelques coquilles	49,20	1,20
17. La même argile maigre que 15	55,50	6,30
18. Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3), moins glauconifère que le précédent (environ 1/10).	66,50	11,00
19. Sable glauconifère, semblable au précédent, mais converti pour la majeure partie en nodules vert foncé ou noir, siliceux, jusqu'à 4 centimètres	67,50	1,00
20. Sable très fin (0 ^{mm} ,1), quartzeux, argileux et micacé, relativement pauvre en glauconie	71,50	4,00
21. Argile gris clair, sableuse, glauconieuse et micacée, semblable à 17.		

CHAPITRE V.

Sondages de la Flandre zélandaise.

A. — SONDAGE DE SCHOONDIJKE.

Ce sondage, entrepris pour usage particulier, a été exécuté par le sondeur Hartmann, de Loosduinen lez-La Haye, qui m'a fait cadeau du petit nombre d'échantillons rassemblés. Je tenterai de les décrire, tant bien que mal, puisque le sondage a été poussé jusqu'à la profondeur assez considérable de 65 mètres.

Cote de la surface : 2 mètres + A. P.

No d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile, non conservée.	— 2,00	4,00
2.	Tourbe, morceaux de bois. Idem.	8,00	6,00
3.	Sable marin fin (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,4), glauconie sporadique. Quelques fragments de coquilles reconnaissables : <i>Cardium edulis</i> , <i>Cyprina Islandica</i> (?), <i>Mytilus edulis</i> , <i>Pecten opercularis</i> , <i>Ostrea edulis</i> . Quelques fragments angulaires de silex brun de plusieurs millimètres . .	17,50	9,50
4.	« Argile compacte », d'après le carnet du sondeur. L'échantillon conservé de 18 mètres — A. P. était un sable très fin, argileux, gris clair verdâtre, avec quelques débris de coquilles et une belle <i>Nodosaria</i> . On avait rapporté de 20, 23, 31 et 35 mètres — A. P. un « sablon » gris foncé, parfois verdâtre, avec un seul fragment de coquille	36,00	18,50

- | | | |
|---|-------|-------|
| 5. Argile et sable (d'après le procès-verbal). Les échantillons de 43 et de 54 mètres — A. P. sont un sable vert sombre, argileux; le dernier contient quelques fragments de coquilles | 54,00 | 18,00 |
| 6. Sable vert (d'après le procès-verbal). L'échantillon de 55 mètres — A. P. est un sable très fin (0 ^{mm} ,4), gris clair verdâtre, micacé, très glauconifère, avec quelques grains grossiers de quartz. | 55,00 | 1,00 |
| 7. « Argile compacte » (d'après le procès-verbal). Les échantillons de 56, 58, 60 et 61 mètres — A. P. sont une argile tenace, gris clair verdâtre, avec un peu de débris de coquilles. A 62 et 63 mètres se trouvait une argile gris clair, tenace, non sableuse, contenant de la pyrite décomposée. Du reste, tous les échantillons de ce sondage contenaient un peu de pyrite et produisaient une odeur, qui n'est pas désagréable, d'acide sulfureux très dilué | 63,00 | 8,00 |

Cette collection n'est pas très suffisante, il faut en convenir, et j'hésite à me prononcer sur la répartition en étages géologiques. En la comparant aux autres sondages, je serais tenté de faire cesser l'Alluvium à 17^m,5 — A. P., puisque ni l'échantillon conservé, ni le carnet des sondeurs ne font penser à un Diluvium.

Quant au Pliocène, ni M. Seelheim ni Delvaux n'en parlent, et il en est de même de M. Mourlon (Carte géologique, feuille de Waterliet). Ce dernier distingue, dans un sondage de 80 mètres près de Hoogkasteel, 22 mètres d'Alluvium et de Diluvium, puis 18^m,5 de Rupélien inférieur (l'argile de Boom fait défaut), 15^m,5 de sable du système asschien, 25 mètres d'argile de l'Asschien et 1 mètre de sable du système wemmélien.

Il est donc possible que l'Éocène ait été atteint sous Schoondijke, mais, comme je l'ai dit ci-dessus (page 208), je me considère comme incompétent pour tracer une limite entre le Rupélien et l'Asschien.

B. — SONDAGES DU CANAL DE GAND A TERNEUZEN.

En 1902 parut, dans les *Actes de l'Académie des Sciences d'Amsterdam*, ma *Description de quelques nouveaux Sondages, III*. J'y donnai la description de sept des vingt-quatre sondages exécutés en 1897 et en 1900 le long du canal de Terneuzen à la frontière belge (Sas-de-Gand). Je vais les résumer ici.

I. — *Sondage 9, entre la frontière et Sas-de-Gand.*

Cote de la surface : 1 mètre + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile sableuse, brun clair	— 0,20	1,20
2.	Sable fin, argileux, brun clair (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4)	2,80	2,60
3.	Argile sableuse, gris clair, avec un peu de débris de coquilles. Fragment de <i>Hydrobia ulvae</i>	3,90	1,10
4.	Sable fin, argileux. Au-dessus de 4 ^m ,1 mêlé d'un peu de tourbe; en dessous de 6 ^m ,1, mêlé d'un peu de sable plus grossier (jusqu'à 0 ^{mm} ,5)	7,70	3,80

II. — *Sondage 10, à 820 mètres au Sud de la route dite « Kapittelstraat ».*

Cote de la surface : 1 mètre + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable fin et extrêmement fin avec des débris de coquilles non déterminables	— 0,80	1,80
2.	Tourbe violet foncé, avec un peu de sable.	1,00	0,20
3.	Sable fin, argileux (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4)	2,90	1,90
4.	Argile sableuse, gris clair	6,30	3,40
5.	Sable très fin, argileux (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2).	6,90	0,60
6.	Argile, comme 4	8,80	1,90

III. — *Sondage 12, près de la route dans le « Papenschor-Polder ».*Cote de la surface : 0^m,8 + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile sableuse, gris clair, avec des fragments de <i>Cardium edule</i> et de <i>Scrobicularia piperata</i>	— 0,30	1,10
2.	Sable très argileux, gris clair, avec un peu de débris de coquilles	1,10	0,80
3.	Argile semblable à 1	2,50	1,40
4.	Sable un peu argileux, fin et très fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4).	4,20	1,70
5.	Argile gris clair verdâtre	8,50	4,30

IV. — Sondage 16, pont du chemin de fer à Sluyskill.

Cote de la surface : 1^m,8 + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable blanc, très fin (0 ^{mm} ,1).	+ 1,00	0 80
2.	Argile grise, plus ou moins foncée.	— 1.60	2 60
3.	Tourbe noire.	2,00	0,40
4.	Sable très fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,3).	5.30	3.30
5.	Sable extrêmement fin, argileux.	8,70	3,40
6.	Argile grise, plus ou moins foncée.	11,70	3,00
7.	Sable extrêmement fin, argileux.	13,60	1,90
8.	Sable fin et très fin, jusqu'à 0 ^{mm} ,4.	14,30	0,70
9.	Sable fin et grossier (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,5), passant aux petits cailloux (jusqu'à 2 centimètres) de quartz, silex noir et calcaire noir, Fragments de <i>Pecten</i> , <i>Mytilus</i> , etc.	15,90	1,60
10.	Sable blanc, fin (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,4), sans cailloux, mais avec quelques débris de coquilles.	16,30	0.40
11.	Argile gris foncé, mêlée de sable grossier et de quelques petits cailloux de quartz et de silex noir. Débris de coquilles roulés.	20.90	4.60
12.	Sable fin, gris foncé, très argileux, avec quelques morceaux de bois.	23,20	2,30

On a quelque droit de considérer les couches en dessous de 14 mètres — A. P. (surtout 9 et 11) comme du Diluvium, si on ne veut pas les considérer comme un dépôt de plage, dans lequel des cailloux s'égarent parfois. Je rappelle ici que les sondages de Bruinisse ont atteint un Diluvium un peu douteux en dessous de 20-25 mètres et que M. Seelheim trace la limite supérieure de son Diluvium dans la Flandre zélandaise à 2-14 mètres — A. P., chiffres qui s'accordent assez bien avec celui qui est mentionné ci-dessus.

V. — Sondage 20, à mi-chemin de Sluyskill à Terneuzen.

Cote de la surface : 1^m,3 + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable extrêmement fin, très argileux.	—0,80	2.10
2.	Tourbe noire, avec beaucoup de racines.	2.40	1,60
3.	Sable très fin, gris clair (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,3).	3.40	1,00
4.	Sable extrêmement fin, plus ou moins argileux ou tourbeux.	8,80	5,40

VI. — *Sondage 22, dans le « Sluispolder », près de la digue
du « Vlooswijksche Polder ».*

Cote de la surface : 0^m,6 — A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile gris clair, plus ou moins sableuse.	—3,60	3,00
2.	Tourbe brun foncé.	4,00	0,40
3.	Argile gris clair, sableuse ou tourbeuse	6,20	2,20
4.	Sable gris clair, très fin, peu argileux	7,40	0,90
5.	Argile gris clair, mêlée de sable très fin	8,00	0,90
6.	Sable tourbeux, extrêmement fin	8,60	0,60
7.	Argile gris clair, comme 5	9,00	0,40
8.	Sable extrêmement fin, tourbeux	9,30	0,30
9.	Tourbe brune, feuilletée, avec restes reconnaissables de végétaux	9,70	0,40
10.	Sable fin, rude, très argileux, avec quelques débris de coquilles et <i>Corbula gibba</i> reconnaissable.	10,20	0,50
11.	Sable extrêmement fin et très fin, gris clair	15,50	5,30
12.	Sable fin, gris-brun clair (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4), avec un peu de débris de coquilles, des <i>Corbula gibba</i> et <i>Pecten</i> reconnaissables	17,60	2,10
13.	Argile grise, très solide, qui doit contenir des cailloux, d'après le carnet.	20,10	2,50

VII. — *Sondage 24, en dehors de la digue de l'Escaut occidental,
près des « Nieuwe-Neuzen » et « Vlooswijksche-Polders ».*

Cote de la surface : 0^m,1 — A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable extrêmement fin, argileux.	—2,40	2,30
2.	Sable très fin, gris clair, peu argileux (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2).	5,70	3,30
3.	Sable extrêmement fin, gris clair, argileux.	22,50	16,80

VIII

Feu mon ami Émile Delvaux a examiné, en 1901, les échantillons d'un sondage profond à Terneuzen et m'en a donné le 19 août de cette année un aperçu, que je me permets de copier ici.

En attendant, je puis dire qu'il y a :

« Alluvium, tourbe, sable quartzeux, cailloux, graviers et débris de coquilles jusqu'à 18 mètres de profondeur. Pas d'argile rupelienne.

J'estime, s'il y en a eu en place, qu'elle a été enlevée par les érosions du fleuve.

En place de cela, j'ai des sables glauconifères jusqu'à 87 mètres de profondeur.

Puis argile et gravier, cailloux, etc., base du Rupélien, jusqu'à 89^m,5.

L'Asschien vient ensuite. Sables glauconifères, argile compacte.

Argile glauconifère.

Bande noire, grains de glauconie, absolument purs de tout mélange à 125^m,9.

Sables argileux.

Argile compacte et glauconifère.

Traces de couches graveleuses très glauconifères, avec débris indéterminables de fossiles écrasés et *Operculina Orbigny* (fossile caractéristique de la base de l'étage asschien), 131^m,8.

Trace de Wemmélien. Grès et sables.

Traces de Ledien.

Laekenien, parfaitement caractérisé par tous les fossiles connus et bien conservés, sans contestation possible.

Sable fin, glauconifère.

Grès dur, très fossilifère, 134^m,21 — 34^m,6. Nappe aquifère abondante. L'eau jaillit.

On avait rencontré une première nappe aquifère entre 70 et 80 mètres, mais on l'a dépassée par l'incurie des foreurs. »

Les Procès-verbaux des séances, page 37, contiennent une description détaillée de ce puits, de la main de MM. De Brouwer.

Le point le plus intéressant, en ce qui concerne les petits sondages, est de savoir si un Diluvium a été atteint ou non. Je crois avoir démontré qu'il n'en est question que dans le sondage IV, à partir de 14 mètres — A. P. Le carnet des sondages le fait présumer dans VI, à 20 mètres — A. P., mais dans l'échantillon examiné, je n'ai pu retrouver aucune trace de caillou. Delvaux, de son côté, mentionne nettement des « cailloux, graviers, etc., jusqu'à 10 mètres de profondeur », et M. Seelheim (*l. c.*) admet un Diluvium dans ses groupes F, G et H, dont les limites oscillent entre 15^m,5 et 54^m,4 — A. P. Ces différents chiffres s'accordent assez bien, de sorte que nous pouvons admettre la présence d'un Diluvium, souvent peu caractéristique, souvent raviné dans la Flandre zélandaise.

C. SONDAGE DE WALSOORDEN.

La *Nouvelle Gazette de Rotterdam* du 20 septembre 1902 contenait le « fait divers » suivant :

« Dans ces derniers temps, le courant de l'Escaut occidental, près de Walsoorden, s'est déplacé vers la rive, de sorte que l'état de choses devenait dangereux. La wateringue de Walsoorden a ordonné en conséquence quelques sondages pour faire connaître l'état intérieur de la rive. Un de ces sondages a pénétré jusqu'à la profondeur de 45 mètres, qui est celle de l'Escaut, et a constaté une couche d'argile de 7 mètres, à une profondeur de 8-9 mètres. Ensuite viennent plusieurs couches de sable verdâtre. A 27 mètres, on rencontra l'argile rupelienne et, à 37 mètres, une couche coquillière assez épaisse. » Je réussis à acquérir une série d'échantillons par l'intermédiaire de M. P. A. Adriaansens, président de la wateringue, à qui je témoigne ici toute ma gratitude.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base — A. P.	Épaisseur.
1.	Argile marine sableuse, gris brunâtre, en partie le sol d'une digue, surface = 3 ^m ,25 + A. P.	—0,45	3,70
2.	Sable quartzeux, glauconifère, très fin (0 ^{mm} ,4 — 0 ^{mm} ,2)	2,55	2,10
3.	Sable quartzeux, glauconifère, fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3). Quelques miettes de tourbe au-dessus de 3 ^m ,55 et quelques foraminifères en dessous de 5 ^m ,25	13,45	10 90
4.	Sable quartzeux, glauconifère, fin, un peu plus grossier que le précédent (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,5). Un peu de tourbe pulvérulente et de débris de coquilles	14,25	0 80
5.	Le même sable. Les grains de quartz de 0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3, parfois 0 ^{mm} ,8, sont anguleux, quelques-uns plus gros, jusqu'à 0 ^{mm} ,8, sont bien arrondis. Pas de débris de coquilles	18,75	4,50
6.	Sable fin, glauconifère, un peu plus hétérogène et gros- sier (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,5) que le précédent. Beaucoup de débris de coquilles	20,00	1,25
7.	Sable fin, moins glauconifère que les précédents. Les grains mesurent généralement moins de 0 ^{mm} ,5, par- fois jusqu'à 1 millimètre. Beaucoup de débris et quelques coquilles intactes. Quelques petits cailloux de silex noir, jusqu'à 1 centimètre, deux petits cail- loux de quartz blanc de 1/2 centimètre et quelques morceaux de grès argileux. Probablement un dépôt de plage	23,00	3,00
8.	Sable très fin (0 ^{mm} ,4, rarement 0 ^{mm} ,2), micacé, argileux et glauconifère. Quelques rognons d'argile durcie et des débris de coquilles	23,75	0,75

9. Sable très fin et extrêmement fin, clair, glauconifère. Quelques débris de coquilles en dessous de 25 ^m ,15.	29,55	5,80
10. Argile solide, gris clair. Au-dessus de 30 ^m ,35 et en dessous de 31 ^m ,25, bleuâtre et contenant quelques débris de coquilles. L'argile intermédiaire est plus ou moins rougeâtre	32,25	2,70
11. Argile gris clair, sableuse	33,25	1,00
12. Sable fin, clair verdâtre, glauconifère, angulaire (0 ^{mm} ,4 — 0 ^{mm} ,4), un peu argileux. Beaucoup de débris de coquilles et de coquilles reconnaissables	39,45	6,20
13. Sable fin, très glauconifère, non argileux (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,5). Un peu de débris de coquilles.	40,25	0,80
14. Sable relativement grossier (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,5 et même 1 millimètre). Très glauconifère, peu de débris de coquilles. Quelques grains de quartz atteignent 2 millimètres	41,75	1,50

Pour fixer l'âge géologique de ces différentes couches, il faut naturellement tenir compte des restes organiques. Pour les numéros 1-9, ce sont tous des espèces encore vivantes, à savoir :

N ^o d'ordre.	ESPÈCES.	Couches				
		4	5	6	7	9
1	<i>Ostrea edulis</i> L.	?			+	
2	<i>Mytilus edulis</i> L.	+		+	+	
3	<i>Cardium edule</i> L.	+	+	+	+	+
4	<i>Cyprina Islandica</i> L.				+	
5	<i>Scrobicularia piperata</i> Gmel	+	+	+		
6	<i>Corbula gibba</i> Olivi			+	+	
7	<i>Tellina Balthica</i> L.				+	
8	<i>Tellina</i> sp.					
9	<i>Mya arenaria</i> L.				+	+
10	<i>Mya truncata</i> L.					+
11	<i>Littorina littorea</i> L.			+	+	
12	<i>Hydrobia ulvae</i> L.			+	+	

Je crois que tous les géologues seront d'accord pour regarder cet ensemble comme appartenant à l'époque récente, dont les dépôts se continuent donc jusqu'à 29^m,50 — A. P. Je traiterai de la partie en dessous de 29^m,50 dans le chapitre X.

CHAPITRE VI.

Sondages dans l'Ouest du Brabant.

A. SONDAGE DE ROSENDAAL.

En mars 1870, l'« Amidonnerie Heuman » fit creuser un puits, dont la succession des couches fut reproduite dernièrement par M. Rutot dans le *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, de 1901, page 380.

Le fait le plus remarquable à noter est sans doute la grande épaisseur de l'argile, représentée sous divers aspects, s'étendant de 43 à 85 mètres de profondeur.

M. Rutot ne nous dit pas à quelles divisions du Quaternaire il rattache les différentes couches traversées.

Je serais tenté de rapporter les 6^m,75 supérieurs à l'Alluvium, à cause de la tourbe, située entre 3 et 6^m,75 de profondeur, et qui est peut-être l'équivalent de celle constatée entre 2 et 3 mètres sous Bréda. Puis vient le Diluvium sableux, ou système flandrien, qui repose probablement sur le système moséen. Impossible de dire à quelle profondeur il faudrait tracer la limite entre ces deux systèmes.

B. SONDAGE DE BERGEN-OP-ZOOM.

En 1897, l'État a exécuté un sondage assez important pour la nouvelle Maison de Justice cantonale de cette ville. J'en dois les échantillons à l'obligeance de M. W. Metzelaar, ingénieur au Département de la Justice, et à celle de feu le R. P. V. Becker, d'Oudenbosch.

Avant de m'occuper du sondage lui-même, je veux donner quelques détails sur le terrain qui porte la ville et qui s'élève à plusieurs mètres au-dessus du niveau d'Amsterdam, ce à quoi on ne s'attendrait pas, vu la proximité de l'Escaut et de la plaine maritime. La carte du « Waterstaat » donne des chiffres de 10 et même 15 mètres + A. P. à quelques kilomètres de la ville, chiffres qui sont pourtant dus en partie à la

présence de petites collines, et il s'agit de savoir si ce sont des sables mobiles de l'intérieur ou bien des dunes plus ou moins maritimes.

Notre grand géologue Staring s'en est occupé quelque peu dans le premier volume (publié en 1856) de son *Sol des Pays-Bas* (*Bodem van Nederland*). A la page 542, il dit « qu'il n'est pas probable que les collines de sable qui entourent Bergen-op-Zoom et qui s'élèvent en collines remarquablement élevées à Woensdrecht, Ossendrecht et Putten, soient d'anciennes dunes maritimes. Elles ont tout à fait l'aspect des sables mouvants ordinaires, formés sur les terres élevées de la Campine, qui se terminent ici. On y a cherché en vain des restes de coquilles marines. Pourtant, on voit distinctement qu'autrefois, l'Escaut oriental en a baigné la base et a déposé les terres argileuses de Woensdrecht. »

A la page 429 du même travail, il avoue « qu'il ne serait pas impossible qu'on eût affaire à des dunes lacustres, résultant de l'action combinée du vent et des vagues ».

M. G. A. van Geytenbeek, dans sa thèse : *Essai d'un Traité géologique sur la province de Zélande, pendant l'époque actuelle*, Leide, 1875, est plutôt du second avis et va même plus loin. Il considère ces collines de sable comme des dunes, formées sur une ancienne côte des Pays-Bas, antérieure à la lagune ou *Haff*, qui était séparé de la mer du Nord par les dunes actuelles. Il signale pourtant qu'en beaucoup d'endroits, elles possèdent plutôt le caractère des sables mobiles de l'intérieur ; mais ceci peut bien être la conséquence du jeu des vents pendant une série de siècles. Il s'appuie sur le fait qu'on a trouvé, dans la coupure de Woensdrecht (faite en 1866 environ), des coquilles marines, telles que *Cardium edule*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis* et *Littorina littorea*. L'argument paraît concluant ; pourtant M. Seelheim m'a assuré, il y a moins d'une vingtaine d'années, que ces coquilles ne signifient rien, parce qu'elles proviennent de l'argile de l'Escaut, avec laquelle on a amendé quelques terres du voisinage.

Pour me former une conviction, j'ai fait quelques excursions dans la contrée et j'y ai trouvé directement, tant au Nord de la ville, vers Halsteren, qu'au Sud, vers Woensdrecht et Ossendrecht, un escarpement assez raide, qui s'élève jusqu'à 8 mètres au-dessus de l'étroite plaine qui borde l'Escaut oriental. Quelques petites vallées (Augusta-Polder, Hoeks-Laag, Prins-Karels-Polder) conduisent graduellement sur le plateau. On y reçoit l'impression que cette pente rapide est le produit de l'action des vagues, comme les talus à pic de nos dunes maritimes, si l'on n'a affaire à une faille, dirigée du Nord au Sud.

Or, le plateau à l'Est de cette ligne est (selon toute apparence) le Zanddiluvium ordinaire du Brabant septentrional et supporte ici, comme en tant d'autres endroits, des sables mobiles, qui s'étendent jusqu'à son bord escarpé.

La plaine assez étroite, entre ce versant et la ligne des hautes marées, porte en réalité (près de Woensdrecht, par exemple) de petites dunes véritables, hautes de 5 à 6 mètres, mais qui se distinguent facilement des sables mobiles du plateau.

La hauteur, relativement élevée, de l'orifice du sondage (5^m,85 + A. P.) étant expliquée, je puis passer au sondage lui-même.

No d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3, parfois 0 ^{mm} ,5), argileux et brun. Terrain remanié, fragments de poteries. Dune?	+ 0,50	5,35
2.	Le même sable fin. jaune clair, humifère au sommet, ancienne surface	— 4,15	4,65
3.	Sable très fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2, avec quelques grains jusqu'à 0 ^{mm} ,4). La majeure partie de ceux-ci sont bien roulés ou un peu subanguleux	18,15	14,00
4.	Sable fin, plus grossier (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4), parfois argileux. Traces de coquilles et débris de bois. A 20 ^m ,15, un galet d'argile durcie de 7 × 4 × 2 centimètres. . .	29,15	11,00
5.	Le même sable fin, souvent un peu plus grossier (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,5, parfois 1 millimètre). Morceaux de lignite, surtout entre 31 et 32 et entre 36 et 37 mètres — A. P., jusqu'à 2,5 × 1 × 1 centimètres. Rognons d'argile durcie, traces de coquilles, entre autres <i>Corbula gibba</i> , plaques d'Échinides (à 35 — 37 mètres — A. P.) . .	38,15	9,00
6.	Sable grossier (souvent 0 ^{mm} ,5 — 1 millimètre). avec quelques cailloux de quartz de 2 et 3 millimètres. Fragments de lignite et d'argile; caillou de silex, de 6 × 4 × 3 centimètres.	42,15	4,00
7.	Sable brun clair, fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,3), avec très peu de grains grossiers (0 ^{mm} ,5 — 0 ^{mm} ,8), point de cailloux .	43,15	1,00
8.	Sable grossier et très grossier (jusqu'à 1 ^{mm} ,5), avec quelques cailloux de lydite, de silex et d'argile durcie, qui atteignent jusqu'à 2 centimètres.	44,15	1,00
9.	Sable très fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,3, parfois jusqu'à 1 et 2 millimètres). Un peu glauconifère. Nodules d'argile durcie et fragments de lignite. Débris de coquilles et quelques coquilles déterminables, <i>Mastra</i> et <i>Corbula</i> . Traces de bryozoaires à 59 mètres.	61,15	17,00
10.	Argile sableuse, gris clair. Quelques coquilles	65,15	4,00
11.	Sable fin, plus glauconifère que 9, contenant des Foraminifères, des Échinides et des débris de coquilles .	72,95	7,80

De quelle manière faut-il maintenant classer ces onze couches? Il nous paraît hors de doute que le Pliocène commence à 44 mètres — A. P., la différence entre les couches 8 et 9 étant très évidente. Ensuite, la couche 8 est assez graveleuse, et, à un moindre degré, la couche 6 également, de sorte que je voudrais considérer l'ensemble de 29 à 44 mètres comme appartenant au Diluvium graveleux = Grind-diluvium, équivalent du système moséen belge. Quant aux 45 mètres supérieurs, il est moins facile de se prononcer, à cause des fossiles sporadiques, trouvés en dessous de 18 mètres — A. P. Ils sont insuffisants pour émettre une opinion bien motivée, de sorte qu'il me paraît plus prudent de considérer l'ensemble comme appartenant au « Zanddiluvium » hollandais, système flandrien belge. Peut-être ces traces de coquilles ne sont-elles que remaniées du Pliocène.

Je pourrais donner le schéma suivant des couches traversées :

- I. Sable éolien, terrain remanié, 5^m,85 — 0^m,50 + A. P.
- II. Système flandrien. diluvium sableux, 0^m,50 + A. P. — 38 mètres — A. P.
- III. Système moséen, 38 — 44 mètres — A. P.
- IV. Pliocène, 44 — 73 mètres — A. P.

G. — SONDAGE DE BRÉDA.

Cote de la surface : 2 mètres + A. P.

Dans le courant de l'année 1896, la « Malterie Ceres » entreprit un sondage tout près de la gare de Bréda et m'en céda gracieusement les échantillons. Parmi ceux-ci il en est peu de remarquables.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
A. ALLUVIUM.			
1.	Sable fin, humifère, remanié	+ 1,00	1,00
2.	Sable fin, gris clair, argileux	0	1,00
3.	Tourbe noire	— 1,00	1,00
B. DILUVIUM.			
4.	Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4), blanc, avec un peu de glauconie et de mica	5,00	4 00
5.	Argile noire, avec des rognons ferrugineux.	6,00	1 00
6.	Sable fin, comme 4	8,00	2 00
7.	Sable très fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,2) et fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3), glauconifère. Le mètre supérieur est humifère . . .	12,00	4,00

8. Sable fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,4), blanc et gris clair, grains de lignite	19,00	7,00
9. Argile gris clair jaunâtre, rognons ferrugineux	20,00	1,00
10. Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,3), gris clair, micacé	23,00	3,00
11. Argile sableuse, micacée, gris clair, nodules durcis . .	24,00	1,00
12. Sable fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,4), gris clair. Entre 27 et 28 mètres, un caillou de quartz blanc, pesant 34 grammes	34,00	10,00

Je crois pouvoir rapporter les 3 mètres supérieurs à l'Alluvium et le reste au Diluvium sableux, ou système flandrien. Peut-être le seul caillou trouvé est-il un argument pour admettre la présence du système moséen, ou Diluvium graveleux; le peu de profondeur du sondage m'empêche de prendre une décision en ce sens.

CHAPITRE VII.

Sondages dans l'Est du Brabant.

A. — SONDAGES D'EINDHOVEN.

La commune d'Eindhoven a fait exécuter, dans le courant de l'année 1902, plusieurs sondages dans les environs de la ville. L'architecte communal, M. Kooken, eut l'obligeance de me faire parvenir les échantillons de deux d'entre eux. Je profite de l'occasion pour lui exprimer toute ma gratitude pour sa bienveillance.

Sondage de Woensel, à 2 1/2 kilomètres au Nord de la ville.

Cote de la surface : 17 mètres + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable fin (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,4, parfois 1 millimètre), anguleux, blanc	+ 10,00	7,00
2.	Tourbe brun foncé.	9,00	1,00
3.	Le même sable fin que 1, mais très humifère, ancienne surface terrestre	6,00	3,00
4.	Sable très fin, très humifère	4,00	2,00
5.	Sable fin, très humifère, comme 3.	2,00	2,00

6. Sable fin, gris, humifère, mêlé d'une petite quantité de grains grossiers, de $\frac{1}{2}$ — 1 et même 2 millimètres, et de quelques petits cailloux de quartz et de lydite, atteignant jusqu'à 3 millimètres.	— 2,00	4,00
7. Sable fin, gris, peu humifère, avec quelques fragments de bois.	5,00	3,00
8. Sable extrêmement fin, très argileux (sablon), humifère	7,00	2,00
9. Sable fin, gris-brun clair, très argileux et humifère	13,00	6,00
10. Sable grossier, angulaire, bigarré clair, non humifère ($0^{\text{mm}},2$ — $0^{\text{mm}},5$ et 2 millimètres). Plusieurs cailloux de quartz, etc., de quelques millimètres, un seul de 1 centimètre	17,00	4,00
11. Gravier fin et sable grossier, bigarré clair, passant de l'un à l'autre. Roches siliceuses ordinaires, jusqu'à 1 centimètre	18,50	1,50
12. Sable grossier et fin, avec un peu de gravier fin, quartz, lydite, grauwacke, atteignant jusqu'à $\frac{1}{2}$ centimètre	20,50	2,00
13. Gravier fin, mêlé de sable grossier et fin, bigarré clair. Les quartz blancs atteignant jusqu'à 1 centimètre sont prépondérants	23,00	2,50
14. Sable fin et quelques petits cailloux atteignant jusqu'à 3 millimètres	23 50	0,50
15. Sable grossier, bigarré clair, mêlé d'un peu de gravier fin.	27 00	3,50
16. Sable fin, bigarré clair, avec quelques menus cailloux.	33,00	6,00
17. Le même, avec plusieurs petits cailloux	33 50	0,50
18. Sable fin, très argileux, avec un peu de petits cailloux.	34 00	0,50
19. Sable fin, bigarré clair, non argileux, avec de rares cailloux de quartz, etc., atteignant jusqu'à 1 centimètre, quelques paillettes de mica, ayant jusqu'à 2 et 3 millimètres.	37,00	3,00

Je suis disposé à considérer l'ensemble des couches traversées comme faisant partie du Diluvium. La grande épaisseur du sable humifère, qui est de non moins de 22 mètres (9 mètres + A. P. — 13 mètres — A. P.), attire surtout l'attention. Nous en verrons un pendant en traitant des sondages de Grave-sur-Meuse.

Sondage de Stratum, à 1 kilomètre environ à l'Est de la ville d'Eindhoven.

Cote de la surface : $17^{\text{m}},2$ + A. P.

N ^o d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Argile solide, sableuse, gris clair	+ 13,20	4,00
2.	Sable fin, très argileux. Quelques graviers de quartz blanc atteignant jusqu'à 5 millimètres	9,20	4,00

3. Le même sable fin, blanc, mais peu argileux, 0 ^{mm} ,4 — 0 ^{mm} ,5, rarement au-dessus de 1 millimètre. Quelques petits graviers de quartz atteignant jusqu'à 3 millimètres.	7,20	2,00
4. Argile maigre, presque noire, mêlée d'un sable extrêmement fin	6,20	1,00
5. Sable fin, non argileux, comme 3 (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,5 ou 1 millimètre). Peu humifère	4,70	1,50
6. Sable fin, gris foncé, très humifère (0 ^{mm} ,3 — 0 ^{mm} ,4 ou 0 ^{mm} ,5)	4,20	0,50
7. Argile compacte, jaune clair	3,20	1,00
8. Argile sableuse, gris clair.	2,20	1,00
9. Sable très fin, argileux, blanc.	0,20	2,00
10. Argile gris foncé, sableuse	— 1,30	1,50
11. Argile maigre, gris-jaune clair, comme 7.	1,80	0,50
12. Argile gris foncé, comme 10	6,80	5,00
13. Sable très fin, argileux, vert-gris clair	7,80	1,00
14. Sable fin et grossier, blanc, non argileux. Un seul caillou de 1 centimètre attire surtout l'attention, parce que c'est un granit à feldspath blanc de 3 — 5 millimètres à mica noir verdâtre assez rare	9,30	1,50
15. Sable grossier et fin, blanc, avec quelques rares cailloux de quartz atteignant jusqu'à 1 centimètre . . .	10,80	1,50

La première chose qui saute aux yeux, en comparant les deux sondages d'Eindhoven, est la grande différence des terrains traversés et la grande épaisseur des argiles dans celui de Stratum. Le fait s'explique par la structure lenticulaire bien connue du Diluvium.

Une autre chose intéressante est la présence d'un caillou de granite à une profondeur de 26 mètres (8-9 mètres — A. P.), fait isolé jusqu'ici et qu'il faut noter sans doute, sans le faire servir de base à des hypothèses hasardées.

B. — SONDAGE DE GRAVE-SUR-MEUSE.

La petite ville de Grave, autrefois une forteresse importante, est située dans l'angle Nord-Est du Brabant septentrional, non loin de la ville bien connue de Nimègue. En 1897, l'État y a fait exécuter, dans la maison d'aliénés, un sondage dont voici la description.

Côte de la surface : 11 mètres + A. P.

N° d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable fin et remblai	+ 9,00	2,00
ALLUVIUM DE LA MEUSE.			
2.	Sable fin, gris foncé, humifère, remanié en partie . .	8,00	1,00
3.	Argile fine, sableuse, grise en haut, jaune en bas . .	6,00	2,00
DILUVIUM SABLEUX, SYSTÈME FLANDRIEN.			
4.	Sable fin avec quelques grains au-dessus de 0 ^{mm} ,5, très humifère en haut (ancienne surface terrestre). Un peu graveleux en bas, avec quelques petits cailloux de quartz, etc., atteignant jusqu'à 7 millimètres . .	4,00	2,00
DILUVIUM GRAVELEUX, SYSTÈME MOSÉEN.			
5.	Sable grossier et petit gravier, jusqu'à 2 centimètres. Un peu argileux, ferrugineux en haut. Cailloux de quartz blanc en première ligne, puis de lydite, de grauwacke, de quartzite pyriteux	2,00	2,00
6.	Gravier fin et sable grossier pur, ni ferrugineux, ni limoneux. Les cailloux ne sont pas également fréquents dans les échantillons des différentes profondeurs; ils ne dépassent qu'exceptionnellement (25 et 30 millimètres) la taille de 20 millimètres. Mélange identique au précédent. Les roches intéressantes sont rares; ce sont notamment : 1° Syénite (très petit) à 1 mètre + A. P.; 2° Diorite de 8 millimètres à 2 mètres — A. P.; 3° Feldspath rose à 9 mètres — A. P.; 4° Silex cornés oolithiques à 6, à 7 et à 12 mètres — A. P.	—12,00	14,00
7.	Sable fin, non graveleux, humifère et gris sale, micacé.	13,00	1,00
8.	Sable grossier (0 ^{mm} ,6 — 1 millimètre), humifère, avec un seul caillou de quartz blanc de 5 millimètres . .	14,00	1,00
9.	Sable grossier, sale et humifère comme les précédents, plus ou moins graveleux, ne différant en réalité que très peu de 6	24,00	10,00
10.	Sable grossier, graveleux, bigarré clair, propre, non humifère.	26,00	2,00
PLIOCÈNE PROBLÉMATIQUE.			
11.	Sable très fin (0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,3), blanc, pur, peu roulé, micacé. Aucune trace de coquille	29,00	3,00

C. — SONDAGE DE MARIËNDAAL LEZ-GRAVE.

A 2 kilomètres au Sud-Ouest de Grave se trouve le collège des Pères jésuites de Mariëndaal, où l'on a exécuté, en 1875, un petit sondage et extrait un sable coquillier. Rien n'en fut conservé que le souvenir, qui fut rappelé par le R. P. V. Becker, du collège d'Oudenbosch, bien connu par ses recherches dans le Diluvium du Brabant septentrional et par les soins qu'il a eus de sauver de l'oubli le fameux erratique d'Oudenbosch. Il fit mention de ce sondage dans un traité : *De jongste geologische Onderzoekingen in het Diluvium van Noord-Brabant en Limburg* (Les recherches récentes dans le Diluvium du Brabant septentrional et du Limbourg), formant partie du journal : *Studiën op godsdienstig, wetenschappelijk en letterkundig Gebied* (Études sur les terrains religieux, scientifique et littéraire) de 1895. Ma curiosité fut éveillée et je réussis à obtenir un subside de 100 florins de l'Académie royale des Sciences d'Amsterdam, pour faire exécuter un nouveau sondage.

Malheureusement, il n'aboutit pas et dut s'arrêter en plein gravier quaternaire à 11^m,3 de profondeur (0^m,9 — A. P.). Les échantillons en furent rassemblés avec beaucoup de soin par le R. P. Becker et décrits par moi dans les *Actes de l'Académie des Sciences* de 1899.

Le R. P. Becker parvint à faire exécuter l'année suivante un nouveau sondage, qui eut plus de succès et pénétra jusqu'à 30^m,5 de profondeur (20^m,1 — A. P.) en plein sable coquillier. Hélas ! l'excellent homme n'eut pas l'occasion de terminer l'examen des terrains et des débris de coquilles. Sa mort inattendue, au commencement de 1898, l'arracha à ses amis et à la science.

Pourtant, à ma demande, les RR. PP. d'Oudenbosch me confièrent l'achèvement du travail, de sorte que je puis indiquer ci-après la description du forage en son entier.

Cote de la surface du sol : 10^m,4 + A. P.

N° d'ordre.	Description des couches rencontrées.	Base.	Épaisseur.
1.	Sable fin et remblai, terrain rehaussé.	+ 9,80	0,60
DILUVIUM SABLEUX, SYSTÈME FLANDRIEN.			
2.	Sable fin, bigarré clair, un peu argileux, humifère pour les 9 décimètres supérieurs	7,40	2,40

DILUVIUM GRAVELEUX, SYSTÈME MOSÉEN.

3. Sable fin et grossier, ferrugineux en haut, quelques petits cailloux atteignant jusqu'à 1 centimètre	4,90	2,50
4. Gravier fin et sable grossier, bigarré clair. Les cailloux sont plus fréquents et plus gros que dans le précédent; ils atteignent plusieurs fois 3 centimètres, une fois même 6 centimètres	1,40	3,50
5. Gravier grossier et fin, mêlé de sable grossier. Les cailloux y sont plus gros encore et atteignent 4 et 5, même 8 centimètres. Le sable est distinctement humifère.	— 0,90	2,30

PLIOCÈNE PROBLÉMATIQUE.

6. Sable fin, brun clair, micacé et glauconifère, 0 ^{mm} ,1 — 0 ^{mm} ,3 (rarement 0 ^{mm} ,5), avec quelques grains sporadiques, ayant jusqu'à 2 millimètres, de quartz laiteux. Un fragment, à arêtes tranchantes, de silex brun. Nulle trace de coquilles.	3,60	2,70
--	------	------

PLIOCÈNE INCONTESTABLE.

7. Le même sable fin, avec des grains de glauconie plus gros (0 ^{mm} ,2 — 0 ^{mm} ,5) et plus nombreux. Nombreux débris de coquilles, surtout entre 4 ^m ,6 et 5 ^m ,6. — A. P. L'ensemble est plutôt grisâtre que brun clair	6,60	3,00
8. Le même sable grisâtre, mais contenant une proportion plus notable de grains de quartz de 0 ^{mm} ,4 et même 0 ^{mm} ,5. Beaucoup de glauconie et de débris de coquilles, dont une bonne partie est colorée en brun par de la limonite, qui s'y observe aussi en rognons de 1 centimètre et davantage. Plus foncé que le précédent	7,60	1,00
9. Le même sable gris, mais argileux et plus fin. Les grains dépassent rarement 0 ^{mm} ,3, les dimensions ordinaires ne sont que 0 ^{mm} ,1 et 0 ^{mm} ,2. Quelques rognons durcis d'argile glauconifère. L'ensemble est gris foncé et sale, conséquence de la teneur en argile et poudre quartzeuse impalpable. Beaucoup de débris de coquilles, parfois assez épais (<i>Cyprina</i> ?)	9,60	2,00
10. Le même sable, plus fin encore, rarement au delà de 0 ^{mm} ,2. Peu glauconifère, très argileux, gris foncé. Peu de débris de coquilles.	14,60	5,00
11. Sable extrêmement fin, 0 ^{mm} ,1 et moins, fort argileux et compact, gris foncé. Point de débris de coquilles . .	19,10	4,50

Les échantillons donnent lieu aux observations suivantes.

Le gravier quaternaire est principalement du quartz blanc, cela va sans dire. En outre, il contient des cailloux des roches suivantes :

Couche 3, de 7^m,4 à 4^m,9 + A. P. Grauwacke, grès, quartzite, jaspe

silex et cristal de roche. Un petit silex corné oolithique à 5 mètres + A. P.

Couche 4, de 4^m,9 à 1^m,4 + A. P. : quartzite pyritifère du Revinien des Ardennes (4^m,5 et 1^m,5 + A. P.). Oolithe siliceuse (4 mètres et 1^m,8 + A. P.), calcédoine (1^m,8) et un granite douteux (3^m,5).

Couche 5, de 1^m,4, + A. P à 0^m,9 — A. P.

1° Cristal de roche de 1 centimètre à 0^m,75 + A. P. Deux bipyramides entre A. P. et 0^m,5 — A. P.

2° Quartzite pyritifère des Ardennes, jusqu'à 4^{cm},5 et même 8 centimètres, à 1 mètre + A. P.

3° Un caillou de pierre ponce à 0^m,5 — A. P.

4° Un très petit caillou de porphyre à 0^m,75 + A. P.

5° Un petit caillou de granite, à feldspath rose et à mica noir verdâtre, à A. P.

6° Charbon avec pyrité, 0^m,2 + A. P.

7° Quelques morceaux de bois à 0^m,5 + A. P. et à 0^m,5 — A. P.

8° Un fragment de tige de crinoïde à 1 mètre + A. P.

9° Un fragment de *Balanus*, sur A. P.

10° Une petite dent de requin, sur A. P.

J'ai envoyé les numéros 4 et 5 à mon ami le Dr Erens, de Fauquemont, qui identifia le granite avec celui (*granulite* d'après la malheureuse nomenclature de Michel-Levy) existant entre Gérardmer et La Bresse, dans les Vosges françaises. Quant au porphyre quartzifère, impossible de dire rien de précis.

Les curieux petits cailloux oolithiques trouvés dans les deux forages à différentes profondeurs, nous rappellent deux travaux dans lesquels notre zélé confrère M. Van den Broeck en a fait mention. Ce sont : *Les cailloux oolithiques des graviers tertiaires des hauts plateaux de la Meuse* et *Coup d'œil synthétique sur l'Oligocène belge*, publiés dans notre *Bulletin* de 1889 et de 1893.

En général, les cailloux des forages et ceux des plateaux belges sont parfaitement identiques. Jusqu'à ce jour, on n'en connaît pas le point de départ. D'après les uns, ils seraient dérivés du Jurassique moyen, d'après les autres, du Muschelkalk moyen du Nord-Est de la France.

Une circonstance de quelque intérêt est la nature humifère du gravier sableux entre 1^m,4 + A. P. et 0^m,9 — A. P., qui le fait ressembler à une ancienne surface terrestre et rappelle le sable, également humifère, du sondage précédent, entre 12 et 24 mètres — A. P. Il atteint ici une épaisseur de 12 mètres, dépassant notablement celle de 2^m,5 sous Mariëndaal, mais dépassée à son tour par les 22 mètres sous Eindhoven.

Dans les deux cas, on serait obligé d'admettre une surface du sol, couverte de végétation, qui a été rehaussée du fait des inondations périodiques, mais a regagné chaque fois son niveau primitif.

Dans le premier sondage de Mariëndaal, on n'est pas sorti du gravier quaternaire à la profondeur de 0^m,9 — A. P., où il s'est arrêté; dans le second, à quelques mètres de distance, on a eu plus de succès. A 0^m,6 — A. P., le gravier repose sur le sable fin, brun clair, qui ne contient point de fossiles, mais qui a l'air d'être pliocène, puisqu'il se rattache évidemment aux sables fossilifères, sur lesquels il repose et qui changent peu à peu d'apparence, quant à la finesse et la teneur en argile et en glauconie.

Dans le sondage de Grave, on a rencontré un sable fin tout à fait semblable, mais de couleur blanche, et, par conséquent, non ferrugineux. Il se trouve pourtant à la profondeur plus considérable de 26-29 mètres — A. P., base du sondage.

Cette dénivellation et celle des sables humifères est ce qu'il y a de plus intéressant dans la comparaison des deux sondages.

	Grave.	Mariëndaal.
	—	—
Sable humifère.	12 — 24	1,4 + A. P. — 0,9 — A. P.
— très fin	26 — 29	0,9 — 3,6.

Or, il est évident que, pour Mariëndaal, il n'est pas nécessaire de supposer un abaissement du sol; on peut admettre qu'il soit resté stable en cet endroit. Il en est autrement à Grave, à 2 kilomètres au Nord-Est, où la présence d'un gravier jusqu'à 26 mètres — A. P. est inexplicable si l'on n'admet pas un abaissement du sol. Probablement il se trouve une faille entre les deux localités.

L'épaisseur des deux sables fins *paraît* être la même (sa base à Grave n'est pas connue), mais à Mariëndaal le sable humifère, quaternaire, le recouvre directement, tandis qu'à Grave, il y a un intervalle de 2 mètres. Puis son épaisseur est beaucoup plus considérable dans la dernière localité, de sorte qu'il y a beaucoup de chances que, sous Grave, l'abaissement séculaire ait commencé dès l'aube des temps quaternaires.

A 28 kilomètres au Nord-Nord-Est de Grave, sous Arnhem, capitale de la Gueldre, nous connaissons aussi le niveau de la base du Quaternaire. Je l'ai admise (*Bulletin des séances de la Société royale malacologique de Belgique*, 6 mars 1886) à 71 mètres — A. P. La différence

relative est donc bien moindre : 45 mètres sur 20 kilomètres et 25 mètres sur 2 kilomètres.

Pour les sables fossilifères de Mariëndaal, feu le R. P. V. Becker a déterminé, par lavage et tamisage, la quantité relative des coquilles et de leurs débris. A 4 mètres — A. P., il trouva 12,6 %; à 4^m,5, 16 %; à 5^m,5, 22 %; à 6^m,5, 38 %; à 7 mètres, 48 %; à 9 mètres, 50 %; à 9^m,5, 58,5 % et à 10^m,5, 55 %. Plus bas encore, les quantités sont très insignifiantes.

CHAPITRE VIII.

L'étude du Pliocène en Belgique et en Angleterre dans la dernière période décennale.

Avant d'aller plus loin en ce qui concerne les sondages néerlandais, je veux m'occuper du progrès qu'a fait l'étude du Pliocène dans les deux pays voisins, où cette formation est mieux accessible pour l'étude stratigraphique.

Après la publication de mes *Contributions* I en 1887 et IV en 1890, l'étude des terrains pliocènes (car il ne s'agit que de ceux-ci) a fait des progrès importants en Belgique, mais surtout en Angleterre par les recherches assidues de MM. Reid et Harmer.

En Belgique, MM. Van den Broeck et Cogels avaient publié, déjà en 1877, dans les *Annales de la Société malacologique*, XII, leurs *Observations sur les couches quaternaires et pliocènes de Merxem près d'Anvers*, dans lesquelles ils relevèrent la présence d'un ensemble de fossiles, différant du Scaldisien typique plus par la grande *abondance* de la *Corbula gibba* Olivi que par la seule présence de cette coquille, qui se trouve déjà dans l'Éocène. Cet ensemble, peu riche du reste, fut aussi rencontré à Calloo et à Austruweel.

En 1892, M. Van den Broeck reprit ces observations dans le *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, tome VI, où il publia ses *Matériaux pour la connaissance des dépôts pliocènes supérieurs des Bassins maritimes d'Anvers*. Les creusements effectués dans les nouveaux docks America et Lefèvre avaient mis au jour le Scaldisien complet, deux couches coquillières avec une couche intermédiaire de sable coquillier.

Elles plongent vers le Nord et l'Ouest sous un banc coquillier supérieur, qui renferme la *Corbula gibba* en grande abondance, mais dans

lequel les *Turritella incrassata*, *Astarte Basterotii* et *Omalii*, *Cyprina islandica*, *Ostrea edulis* sont fort rares ou manquent.

M. G. Vincent fit de ce banc un nouvel étage géologique, le SYSTÈME POEDERLIEN, caractérisé par « l'apparition abondante d'une série variée d'espèces spéciales ou très rares ailleurs ».

D'autres espèces « prennent subitement à ce niveau un développement numérique considérable et contribuent à donner à cet horizon un aspect tout particulier ». Telles sont, parmi les espèces rencontrées aussi dans mes sondages : *Mangelia* (*Pleurotoma*) *costata* Da Costa, *Nassa labiosa* Sow., *Nassa reticosa* Sow., *Natica millepunctata* Lam., *Cardium edule* L. et *Lingula Dumortieri* Nyst. M. Van den Broeck y ajouta, du gîte d'Austruweel, notamment *Calyptra sinensis* L., *Cardium decorticatum* Wood, *Cardita scalaris* Leathes, *Anomia ephippium* L.

En Angleterre parut, en 1890, dans les *Memoirs of the Geological Survey of the United Kingdom*, le travail classique de M. Clement Reid, *The Pliocene Deposits of Britain*, dans lequel il donna un aperçu historique et critique fort intéressant du développement des connaissances au sujet du Pliocène. Les difficultés pour s'orienter dans les dépôts de ce pays sont grandes pour un étranger, ce que M. Reid sent fort bien en disant, page 114 : « Certains caractères lithologiques et certaines espèces de mollusques ont été pris comme guides pour former les sous-divisions, mais malheureusement de nombreux observateurs ont généralement adopté non seulement des points de vue divers, mais ils ont aussi employé des termes différents; il en résulte qu'on a introduit, dans la description des dépôts pliocènes du Norfolk, un tel nombre de noms locaux et de synonymes, que l'étudiant se trouve placé dans la plus grande confusion. »

J'ai acquis quelque expérience sur ce sujet en travaillant à mes *Contributions I et IV*, où je me suis borné à distinguer le Scaldisien du Diestien et le Crag rouge du Crag corallin. Pour l'Angleterre, je m'étais basé principalement sur le travail de MM. Searles V. Wood jeune et Fred. W. Harmer : *An Outline of the Geology of the Upper Tertiaries of East-Anglia*, faisant partie des monographies de *The Paleontographical Society*, volume pour 1871, publié en 1872.

L'étude des travaux de MM. Reid et Harmer m'a fait voir que ce n'était pas suffisant.

Le premier admet la distinction entre Crag corallin et Crag rouge, mais relève que celui-ci est loin d'être un dépôt uniforme. « Ses assises successives (*l. c.*, page 82) se recouvrent à mesure qu'on s'avance vers

le Nord. A l'extrémité méridionale du territoire, nous trouvons, à Walton, le Crag rouge le plus ancien, dont la faune est étroitement liée à celle du Crag corallin. A quelques lieues au Nord, il se perd, et le Crag rouge de Sutton et de Butley, avec beaucoup de Mollusques, repose directement sur le Crag corallin. Près de Butley, on distingue, sur le Crag rouge typique, une division plus élevée, d'une coloration plus claire, le « *Scrobicularia* Crag » de S. V. Wood, qui paraît correspondre très étroitement au Crag de Norwich. Plus loin au Nord, les couches peuvent être appelées « Crag rouge » ou bien « Crag de Norwich », mais, dans la vallée de la Waveney, les couches appartiennent sans le moindre doute au Crag de Norwich. Une transgression semblable de couches plus récentes encore, fait que le « Crag de Weybourn » couvre d'abord le Crag de Norwich, mais repose, plus loin au Nord, directement sur la craie. »

Le changement graduel de la faune, du facies méridional ou méditerranéen, propre au Crag corallin, au facies boréal, est représenté dans le petit tableau de la page 145.

Mollusques marins des couches pliocènes.

	TOTAL.	ARCTIQUE.	MÉDITERRA- NÉEN.	ÉTEINT.
Crag de Weybourn.	53	9	0	5
— de Chillesford.	90	7	2	14
— de Norwich.	112	9	7	18
— de Boyton	199	13	23	55
— de Walton	148	2	22	50
— corallin	420	1 (?)	75	169

C'est donc principalement la proportion entre les espèces méridionales ou éteintes d'un côté et les espèces boréales de l'autre côté, qui décide de la position stratigraphique de telle ou telle localité.

M. Harmer se place au même point de vue, avec cette différence qu'il tient compte surtout des *espèces fréquentes* et leur donne plus d'importance qu'à celles qui ne sont représentées que par un nombre restreint d'individus.

C'est sans doute un point de vue fort recommandable, quand on

peut recueillir des fossiles dans des coupes du terrain, mais il entraîne des difficultés quand on a affaire à des sondages, où le hasard joue un si grand rôle.

Les différents travaux intéressants de M. Harmer, qui traitent de la question qui nous occupe, sont :

1° *Les dépôts tertiaires du bassin anglo-belge* (BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE, t. X, 1896), un peu plus détaillé que

2° *On the Pliocene Deposits of Holland and their Relation to the English and Belgian Crags, etc.* (QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY, vol. LI, 1896.)

3° *The Pliocene Deposits of the East of England. I. On the Lenham Beds and the Coralline Crag.* (IDEM, vol. LIV, 1898.)

4° *Idem. II. The Crag of Essex (Waltonian) and its Relation to that of Suffolk and Norfolk.* (IDEM, vol. LVI, 1900.)

Dans ces différents travaux, l'auteur considère les dépôts de Lenham comme plus anciens que le Crag corallin et les parallélise aux dépôts diestiens belges de Diest et de Louvain. Le Crag corallin proprement dit serait donc l'équivalent du Diestien d'Anvers, qu'on appelait autrefois « Crag gris »; c'est la zone à *Isocardia Cor.* M. Harmer lui donne le nouveau nom de « Gedgravian », puisque Gedgrave est la seule localité où l'on trouve exclusivement des fossiles de ce Crag corallin.

Par contre, il divise le Crag rouge en cinq étages, comme l'avaient déjà fait Searles V. Wood et Cl. Reid, et il les caractérise par le pourcentage d'espèces fréquentes. Ce sont, en allant du haut en bas (*Crag of Essex*, p. 725) :

ÉTAGES.	ÉTEINTES o/o.	MERS LOINTAINES.	MÉRIDIONALES.	BORÉALES.	MÉRIDIONALES ET BORÉALES.
Weybournien.	41	—	—	33	56
Icenien	41	—	7	32	50
Butleyen	43	4	13	23	47
Newbournien.	32	5	16	11	36
Waltonien	36	4	20	5	35
Gedgravien.	38	4	26	1	3

Ce tableau montre d'abord que M. Harmer ne tient plus au contraste entre le Crag corallin d'un côté et le Crag rouge de l'autre; pour lui, les différents étages du Crag rouge diffèrent plus entre eux que le Crag corallin du Crag de Walton. Le Waltonien correspond exactement au Crag de Walton de MM. Reid et S. V. Wood jeune. Le Newbournien et Butleyen ensemble constituent le « Crag de Boyton » de M. Reid et la « masse principale du Crag rouge » de S. V. Wood. L'étage « Ice-nien » doit son nom à la cité romaine « Venta Icenorum (*Crag of Essex*, p. 721), qui occupe le même endroit que la ville de Norwich et fut proposé par S. P. Woodward, mais dans une signification plus étendue. C'est exactement le Crag de Norwich de MM. Reid, S. V. Wood, etc. ou le « Scrobicularia-Crag », « Mammaliferous Crag », « Fluvio-marine Crag ».

Dans son *Crag of Essex*, M. Harmer adopte un étage « Chillesfordien », que toutefois, il ne mentionne pas dans son tableau statistique; évidemment, c'est le « Crag de Chillesford » des autres auteurs, divisé en « sable » et « argile de Chillesford ». Quant à l'étage weybournien, c'est le « Crag de Weybourn », appelé aussi « Bure Valley Beds » ou « Westleton Shingle ».

On voit donc que M. Harmer est allé plus loin que ses prédécesseurs dans sa division du Crag rouge. J'ai acquis l'impression qu'il eût voulu aller plus loin encore, car plusieurs fois il a noté des différences d'âge entre des localités du même étage.

Ainsi, on lit à la page 715 de son *Crag of Essex* (CARTES, p. 710 et 714), que la faune waltonienne de Beaumont est un peu plus récente que celle de Walton et que même une sablière à Beaumont présente des différences avec une autre. Ensuite (p. 717), l'auteur fait remarquer que la faune waltonienne de Little Oakley à son tour est un peu plus boréale, par conséquent plus récente encore. Puis (*Bassin anglo-belge*, p. 520), on lit que M. Percy Kendall a constaté qu'à Walton même, il y a deux zones d'un âge un peu différent, dont M. Harmer compare l'une au Scaldisien, l'autre au Poederlien belge.

Dans l'étage newbournien, on pourrait faire une division secondaire de la même manière, car (*Crag of Essex*, p. 720) le Crag de Felixstowe est un peu plus récent que celui de Waldringfield, Foxhall et Sutton, tandis que, peut-être, le Crag de Beutley et de Tattingstone est, au contraire, un peu plus ancien que celui des trois localités susnommées. Ainsi une répartition du Newbournien en trois sous-étages ne serait pas impossible.

Il paraît (p. 721) que la différence entre le Newbournien et le But-

leyen est plus grande que celles entre les autres zones du Crag rouge, mais, à la même page, M. Harmer exprime l'opinion que la différence de la faune de l'Icenien et du Crag rouge dépasse celle des étages de ce dernier entre eux. C'est évidemment une contradiction !

Ensuite une division de l'Icenien en deux sous-étages ne serait pas impossible non plus (p. 723); cette zone contient l'*Astarte borealis* dans sa partie septentrionale, où la *Tellina lata* (*calcareo*) est plus fréquente que dans la partie méridionale, où l'*Astarte borealis* fait défaut.

Le Chillesfordien a une faune plus boréale encore, mais les coquilles sont généralement plus ou moins décomposées (p. 724), ce qui est probablement la cause pour laquelle M. Harmer n'en a pas entrepris une statistique destinée à figurer dans le petit tableau de la page 725.

Sans aucun doute, les recherches de M. Harmer constituent un progrès considérable, mais elles m'ont laissé l'impression que le travail de ses idées n'est pas terminé et qu'une classification plus détaillée encore ne serait nullement impossible. D'un autre côté, l'infatigable investigateur a pu apprécier par lui-même combien la distinction de ces différents étages est grandement ennuyeuse, pour ne pas dire impossible, dans l'étude de forages. Lui-même n'a pas réussi à établir une distinction entre le Newbournien et le Butleyen en étudiant les fossiles des sondages de Goes, Gorkum, Utrecht et Amsterdam (*Bassin anglo-belge*) et s'est contenté d'en faire un étage provisoire, appelé « Amstélien ». A mon tour, je crois être entièrement justifié en me bornant à tâcher de séparer : 1° Gedgravien (Crag corallin = Diestien); 2° Waltonien (Scaldisien + Poederlien); 3° Amstélien; 4° Icenien (Crag de Norwich et de Chillesford); 5° Weybournien.

CHAPITRE IX.

Considérations sur quelques coquilles embarrassantes.

Avant de retourner aux quatre sondages récents, il me faut dire quelques mots au sujet de certaines espèces de coquilles qui sont de grande importance.

1° *Tellina balthica* L.

Lorsque M. Clement Reid examina, en 1886, ma collection des sondages d'Utrecht et d'Amsterdam, il exprima des doutes sur la détermination correcte de la *Tellina balthica* (= *solidula* L.), qui avait été retirée de 149, 200, 202 $\frac{1}{2}$, 205 et 222 $\frac{1}{2}$ mètres sous Utrecht. Sans oser nommer une autre espèce, il pensa à des jeunes individus de la

Tellina obliqua Sow., dont des exemplaires adultes ne sont nullement rares sous Utrecht.

La *Tellina balthica* est inconnue dans le Pliocène belge et ne se rencontre en Angleterre que dans le Weybournien, où elle caractérise même cet étage par sa considérable abondance. C'est donc une espèce d'une grande valeur stratigraphique.

M. Harmer ayant également mis en doute ma détermination, je réexaminai mes coquilles, d'autant plus que j'en possédais une nouvelle, venant de 51 mètres — A. P. sous Bergen-op-Zoom.

Le résultat de cet examen fut qu'il n'y avait aucune raison de leur donner un autre nom spécifique, quoique j'eusse fort désiré faire disparaître cette anomalie stratigraphique.

Les *Tellina* en question ne sont pas des *praeteni*, non plus que de jeunes *obliqua*, qui les dépassent en hauteur. Elles ressemblent davantage à la *lata*, mais ne sont pas aussi allongées, quoique peut-être un peu plus que les *balthica*. De toutes les figures de *Tellina*, tant dans le travail de S. V. Wood que dans celui de Jeffreys, c'est évidemment la *Tellina balthica* dont elles se rapprochent le plus près; peut-être leur « dentition » est-elle un peu plus forte.

L'anomalie n'a donc pas disparu, mais réapparaît dans le sondage de Bergen-op-Zoom.

2° *Leda myalis* Couth.

La seconde espèce embarrassante est la *Leda myalis* Couthouy, à laquelle M. Harmer attache également beaucoup d'importance.

On a retiré, entre 296 et 300 mètres — A. P. sous Amsterdam, deux coquilles intactes qui, sauf leur petite taille, se rattachent très bien à la figure et à la description qu'en donne Searles Wood. Elles sont un peu moins allongées, mais le côté postérieur ne diffère que très peu de l'antérieur, et l'on ne voit rien des rainures longitudinales ou obliques de la *semistriata* ou de la *lanceolata*. Je crois donc pouvoir maintenir ma détermination de 1889. On peut y joindre, avec quelques réserves, des fragments assez nombreux, trouvés de 265 à 268 mètres, de moins nombreux, trouvés entre 296 et 314 mètres — A. P. sous Amsterdam, et quelques-uns venant de 61 à 64 mètres — A. P. sous Bergen-op-Zoom.

Or, d'après le « Crag Mollusca », l'espèce susnommée vit de nos jours sur les côtes de l'Amérique du Nord et se trouve dans le Crag rouge de Sutton et de Butley, dans le Crag fluvio-marin ou mammaliférien de Chillesford, de Bramerton et de Postwick, ainsi que dans le Quaternaire. Elle descend donc dans l'Icenien et le Butleyen de

M. Harmer, et nous pouvons l'espérer dans l'Amstelien. L'espèce n'est donc pas aussi embarrassante que la *Tellina balthica*, et, après un nouvel examen des coquilles entières et des fragments, je ne vois pas de raison pour changer ma détermination.

Du reste, j'avais déjà, en 1885, en travaillant à mes *Contributions I*, éprouvé des difficultés semblables à l'égard de la *Nucula Cobboldiae* Sow. (3°) et de la *Leda lanceolata* Sow. (4°). Des coquilles ou des fragments fort bien reconnaissables de la première espèce ont été trouvés à 165^m,5 sous Gorkum et même à 515^m,5 sous Utrecht (*l. c.*, p. 56). Il faut relever cependant que la série plus continue cesse à 255 mètres, de sorte que les fragments de 515^m,5 sont très isolés et qu'il n'est pas impossible qu'ils se soient égarés lorsqu'on a composé la collection. Pourtant, on a retiré des fragments de la profondeur de 514 mètres — A. P. sous Amsterdam, fait qui affaiblit la dernière hypothèse.

D'après Searles Wood, la *Nucula Cobboldiae* se trouve dans le Crag rouge de Sutton et de Bawdsey, le Butleyen de M. Harmer, aussi à Waldringfield et Felixstowe, dans le Newbournien et dans l'Icenien. Elle est inconnue dans le Waltonien et dans le Gedgravien.

La *Leda lanceolata* ne descendait pas au delà de 222^m,5 sous Utrecht et manquait sous Goes; mais à Gorkum elle a été rencontrée jusqu'à 178 mètres et à Amsterdam jusqu'à 520 mètres. Elle manque dans le Pliocène belge et se trouve en Angleterre dans le Butleyen (Bawdsey), l'Icenien (Bramerton) et le Chillesfordien (Chillesford).

Finalement, le *Fusus contrarius* L. (5°) a aussi causé des difficultés, car il descend, sous Utrecht, jusqu'à 569 mètres (en fragments reconnaissables). Toutefois la série plus continue cesse déjà à 265 mètres.

Toutes ces difficultés deviennent notablement moindres si l'on admet, avec M. Harmer, qui vit dans la stratigraphie et dans les coquilles pliocènes, que, dans les Pays-Bas, la limite du Scaldisien + Poederlien = Waltonien devra être tracée à un niveau inférieur à celui que j'avais adopté. Pour lui (et je trouve plus prudent d'adopter sa manière de voir), la division devrait se faire ainsi :

	GOES.	GORKUM.	UTRECHT.	AMSTERDAM.
Amstelien	29-34	117,5-178,5	152-240	200-335
Waltonien	34-54,5	non atteints.	240-268	non atteints.
Gedgravien	54,5-93	id.	268-365	id.

CHAPITRE X.

Répartition verticale des fossiles dans les quatre nouveaux sondages.

Pour Flessingue, j'ai d'abord une collection des fossiles suivants, retirés du monceau d'extrait du sondage et dont la profondeur est inconnue.

Ce sont :

Membranipora trifolium Wood;
Lepralia variolosa? Johnst.;
 — *Peuchii*? Johnst.;
Terebratula grandis Blum.;
Anomia ephippium L.;
Ostrea edulis L.;
Pecten pusio Penn.;
 — *opercularis* L.;
 — *ventilabrum* Goldf.;
Mytilus edulis L.;
Cardita scalaris Leathes;
 — *chamaeformis* Leathes;
Astarte obliquata Sow.;
 — *Galeottii* Nyst;
 — *Omalii* Lajonk.;
Lucina borealis L.;
Cardium decorticatum Wood;
Cyprina rustica Sow.;
Tapes virginea Math.;
Tellina donacina L.;
Gari ferröensis Chem.;

Ensis ensis L.;
Tellina balthica L.;
Glycimeris angusta Nyst et Westendorp;
Mactra deaurata Turton;
 — *solida* L.;
 — *subtruncata* Mont.;
Corbula gibba Olivi;
Trochus tumidus Mont.;
Turritella incrassata Sow.;
Calyptraea sinensis L.;
Natica Alderi Forbes;
 — *millepunctata* Lam.;
Aporrhais pes pelicani L.;
Buccinopsis Dalei Sow.;
Nassa labiosa Sow.;
 — *reticosa* Sow.;
Purpura lapillus L.;
Fusus elegans Chth.;
 — *contrarius* L.;
Voluta Lamberti Sow.

Plusieurs d'entre ces fossiles peuvent servir à constater la présence de tel ou tel étage; par exemple, *Terebratula grandis*.

Pour la répartition des couches fossilifères, j'ai dû suivre celle qui avait été faite par le sondeur. Il n'y en avait que cinq divisions, à savoir : a) de 13^m,5 à 14 mètres; b) de 18^m,5 à 19 mètres; c) de 19^m,5 à 26^m,5; d) de 26^m,5 à 46^m,5; e) de 49 mètres à 49^m,2 — A. P.

Les fossiles, plus importants, dont la couche est connue sont :

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Hemeschara imbellis</i> Busk, c; 2. <i>Eschara monilifera</i> Edw., d; 3. <i>Hornera frondiculata</i> Lamouroux, c; 4. <i>Membranipora oblonga</i> Busk, c; 5. <i>Salicornaria sinuosa</i> Hassall, c; 6. <i>Cupularia denticulata</i> Conrad, c; 7. <i>Terebratula grandis</i> Blum, d; 8. <i>Ostrea edulis</i> L., c et d; 9. <i>Pecten opercularis</i> L., a, b, c et d; 10. — <i>septemradiatus</i> Loven, d; 11. <i>Pectunculus glycymeris</i> L., c et d; 12. <i>Cardita orbicularis</i> Leathes, b et c; 13. — <i>chamaeformis</i> Leathes, a; 14. <i>Astarte triangularis</i> Mont., c; 15. — <i>Burtini</i> Lajonkaire, c; 16. <i>Woodia digitaria</i> L., b et c; 17. <i>Diplodonta rotundata</i> Mont., c; 18. <i>Lucina borealis</i> L., a; 19. <i>Cardium edule</i> L., b; 20. <i>Cyprina islandica</i> L. d; | <ol style="list-style-type: none"> 21. <i>Tapes virginea</i> Math., a et c; 22. <i>Venus ovata</i> Pennant, c; 23. <i>Gari ferröensis</i> Chemn., c; 24. <i>Scrobicularia piperata</i> Gmel., a; 25. <i>Mactra solida</i> L., c; 26. <i>Corbula gibba</i> Olivi, a, b (fréquente),
c (fréquente), d et e; 27. <i>Dentalium entale</i> L., c; 28. <i>Lepeta caeca</i> Müll., c; 29. <i>Fissurella graeca</i> L., a; 30. <i>Trochus solarium</i> Nyst, c; 31. — <i>formosus</i> Forbes, c; 32. <i>Turritella incrassata</i> Sow., c; 33. <i>Calyptra sinensis</i> L., c; 34. <i>Capulus ungaricus</i> L., c; 35. <i>Hydrobia ulvae</i> Penn., a; 36. <i>Nassa reticosa</i> Sow., c; 37. <i>Cerithium reticulatum</i> Costa, a; 38. <i>Pleurotoma costata</i> Costa, c; 39. — <i>cancellata</i> Sow., c. |
|---|--|

Parmi les échantillons que j'ai reçus du sondage de Walsoorden, il y en avait six fossilifères (en dessous des dépôts de l'époque récente), à savoir : 1° de 29^m,55 à 51^m,25; 2° de 51^m,25 à 52^m,25; 5° de 52^m,25 à 53^m,25; 4° de 53^m,25 à 54^m,25; 5° de 54^m,25 à 59^m,45, et 6° de 59^m,45 à 40^m,25 — A. P. Ils contiennent les fossiles suivants :

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Salicornaria crassa</i> Wood., 2 et 4 (fréq.); 2. <i>Salicornaria sinuosa</i> Hassall, 2, 4 (fréq.); 3. <i>Lepralia Haimeseana</i> Busk, 4; 4. <i>Cellepora tubigera</i> Busk, 4; 5. — <i>pumicosa</i> L., 4; 6. <i>Eschara monilifera</i> Edw., 4 (fréq.), 5 et 6; 7. <i>Melicerita Charlesworthi</i>? Edw., 4; 8. <i>Cupularia denticulata</i> Conrad, 4 (fréq.), 5 et 6; | <ol style="list-style-type: none"> 9. <i>Lunulites conica</i> DeFr., 5 et 6; 10. <i>Entalophora</i> (<i>Pustulopora</i>) <i>subverticillata</i> Busk, 4 et 6; 11. <i>Mesenteripora meandrina</i> Wood, 4; 12. <i>Lingula Dumortieri</i> Nyst, 3, 4 (fréq.), 5 et 6; 13. <i>Ostrea edulis</i> L., 4 et 6; 14. <i>Lima subauriculata</i> Mont., 6; 15. <i>Pecten opercularis</i> L., 4; 16. — <i>ventilabrum</i> Goldf., 4 (fréq.), 5 et 6; 17. <i>Pecten</i> cf. <i>similis</i> Laskey, 4, 5 et 6; |
|--|--|

- | | |
|--|--|
| 18. <i>Pecten tigrinus</i> Müll., 6; | 32. <i>Tellina</i> cf. <i>obliqua</i> Sow., 2; |
| 19. <i>Limopsis pygmaea</i> Phil., 4; | 33. <i>Psammobia</i> cf. <i>tellinella</i> Lam., 4; |
| 20. — <i>aurita</i> Eichw., 4 et 6; | 34. <i>Saxicava rugosa</i> Penn., 4 (fréq.); |
| 21. <i>Cardita corbis</i> Phil., 6; | 35. <i>Mactra ovalis</i> Sow., 4 et 6; |
| 22. — <i>scalaris</i> Leathes, 4 et 5; | 36. <i>Mactra solida</i> Costa, 2; |
| 23. <i>Astarte triangularis</i> Mont., 4 (fréq.); | 37. <i>Mya</i> cf. <i>truncata</i> L., 2; |
| 24. <i>Woodia digitaria</i> L., 4; | 38. <i>Corbula gibba</i> Olivi, 1, 2 (fréq.), 3, 4
(fréq.), 5 (fréq.) et 6; |
| 25. <i>Kellia orbicularis</i> Wood, 4 et 5; | 39. <i>Dentalium entale</i> L., 6; |
| 26. <i>Montacuta</i> cf. <i>elliptica</i> Wood, 4; | 40. <i>Tectura fulva</i> Müller, 4; |
| 27. <i>Tapes virginea</i> Math., 4; | 41. <i>Trochus formosus</i> Forbes, 6; |
| 28. <i>Venus ovata</i> Penn., 4, 5 et 6 (fréq.); | 42. <i>Nassa reticosa</i> Sow., 2; |
| 29. <i>Cytherea</i> cf. <i>rudis</i> Poli, 2 et 4; | 43. <i>Bulla truncata</i> Adam, 6; |
| 30. <i>Circe minima</i> ? Mont., 2; | 44. <i>Limnea truncatula</i> Müller, 4 et 6. |
| 31. <i>Artemis lincta</i> Pult., 4; | |

On voit immédiatement que la couche 4, de 33^m,25 à 34^m,25 — A. P., est de beaucoup la plus riche. Les couches de 29^m,55 à 31^m,25 (1°) et de 31^m,25 à 32^m,25 — A. P. (2°) le sont beaucoup moins; je les réunis dans un étage *a*. Vient ensuite *b* = 3, *c* = 4, *d* = 5 et *e* = 6.

Sous Bergen-op-Zoom, les fossiles se rencontrèrent aux profondeurs suivantes, que je veux indiquer également par un seul chiffre.

- | | | | |
|--|--|--|--|
| 1 : 39 ^m ,0—42 ^m ,0; | 3 : 51 ^m ,0—55 ^m ,0; | 5 : 61 ^m ,0—64 ^m ,0; | 7 : 69 ^m ,0—73 ^m ,0. |
| 2 : 43 ^m ,0—44 ^m ,0; | 4 : 55 ^m ,0—60 ^m ,0; | 6 : 65 ^m ,0—69 ^m ,0; | |

En voici l'énumération :

- | | |
|---|---|
| 1. <i>Cupularia denticulata</i> Conrad, 4, 5
(fréq.) et 7; | 13. <i>Woodia digitaria</i> L., 5; |
| 2. <i>Lingula Dumortieri</i> Nyst, 7; | 14. — <i>excurrentis</i> Wood, 5; |
| 3. <i>Ostrea edulis</i> L., 5, 7; | 15. <i>Diplodonta rotundata</i> Mont., 5; |
| 4. <i>Pecten opercularis</i> L., 5, 7; | 16. <i>Cardium edule</i> L., 1; |
| 5. — <i>ventilabrum</i> Goldf., 7; | 17. — <i>nodosum</i> Mont., 5; |
| 6. — <i>pusio</i> Penn., 5; | 18. — <i>decorticatum</i> Wood, 5; |
| 7. <i>Mytilus edulis</i> L., 1; | 19. <i>Cyprina islandica</i> L., 5, 6, 7; |
| 8. <i>Leda</i> cf. <i>myalis</i> Couthouy, 5; | 20. <i>Tapes virginea</i> Math., 5; |
| 9. <i>Pectunculus glycymeris</i> L., 5; | 21. <i>Venus ovata</i> Penn., 5 (fréq.), 7; |
| 10. <i>Cardita corbis</i> Phil., 5; | 22. — <i>imbricata</i> Sow., 5; |
| 11. <i>Astarte Galeottii</i> Nyst, 4, 5; | 23. <i>Cytherea rudis</i> Poli, 7; |
| 12. — <i>triangularis</i> Mont., 5; | 24. <i>Dosinia lincta</i> Pulteney, 7; |
| | 25. <i>Tellina balthica</i> L., 3; |

- | | |
|---|--|
| 26. <i>Maetra solida</i> L., 1, 2 (fréq.), 3 (fréq.), 5 (fréq.);
27. <i>Muctra deaurata</i> Turton, 4;
28. — <i>subtruncata</i> Costa, 2, 3, 4;
29. <i>Cultellus tenuis</i> Phil., 5;
30. <i>Panopea Faujasi</i> Menard, 7;
31. <i>Mya arenaria</i> L., 1, 2;
32. <i>Corbula gibba</i> Olivi, 3, 4 (fréq.), 5 (fréq.), 7; | 33. <i>Dentalium entale</i> , L., 5;
34. <i>Turritella terebra</i> Mont., 5;
35. — <i>incrassata</i> , Sow, 7;
36. <i>Calyptra sinensis</i> L., 5;
37. <i>Natica millepunctata</i> Lam. 6;
38. — <i>Alderi</i> Forbes, 7;
39. <i>Pleurotoma costata</i> Da Costa, 5. |
|---|--|

On voit immédiatement que la couche 5 est de beaucoup la plus riche; ce chiffre se rencontre vingt-cinq fois; vient ensuite la couche 7, qui contient treize espèces. Pour rendre l'aperçu plus facile, je réunis 1 et 2 en un étage *a*, qui est séparé par une lacune de 7 mètres de l'étage *b* ($= 3 + 4$). Vient ensuite *c* ($= 5$) et *d* ($= 6 + 7$).

Cette répartition plus simple n'est que provisoire; si un étage contient des éléments hétérogènes, le groupement des fossiles le trahira; si deux étages doivent être réunis, cela se montrera par l'identité des fossiles.

A Mariëndaal, les fossiles ont été collectés avec beaucoup de soin par feu le R. P. V. Becker; ils se trouvent dans les couches suivantes :

- | | | |
|--|---|---|
| 1 : 3 ^m ,5 — 4 ^m ,0; | 6 : 6 ^m ,0 — 6 ^m ,5; | 11 : 8 ^m ,5 — 9 ^m ,0; |
| 2 : 4 ^m ,0 — 4 ^m ,5; | 7 : 6 ^m ,5 — 7 ^m ,0; | 12 : 9 ^m ,0 — 9 ^m ,5; |
| 3 : 4 ^m ,5 — 5 ^m ,0; | 8 : 7 ^m ,0 — 7 ^m ,5; | 13 : 11 ^m ,5 — 12 ^m ,5; |
| 4 : 5 ^m ,0 — 5 ^m ,5; | 9 : 7 ^m ,5 — 8 ^m ,0; | 14 : 13 ^m ,5 — 14 ^m ,5 |
| 5 : 5 ^m ,5 — 6 ^m ,0; | 10 : 8 ^m ,0 — 8 ^m ,5; | — A. P. |

En voici l'énumération :

- | | |
|--|---|
| 1. <i>Cupularia denticulata</i> Conr., 3 (fréq.), 5, 6, 7, 10 (fréq.) et 11;
2. <i>Melicerita Charlesworthi</i> Edw., 5;
3. <i>Hornera reteporacea</i> Edw., 5-8;
4. <i>Schizoporella sanguinea</i> Norm., 5-8;
5. <i>Membranipora reticulum</i> L., 5-8;
6. <i>Alecto repens</i> Wood., 5-8;
7. <i>Lingula Dumortieri</i> Nyst, 8, 10;
8. <i>Anomia ephippium</i> L., 1;
9. <i>Ostrea edulis</i> L., 2, 3 (fréq.), 5, 6, 7, 8, 9, 10 (fréq.), 11; | 10. <i>Pecten opercularis</i> L., 2, 3, 5, 6, 7, 10 (fréq.), 11;
11. <i>Pecten ventilabrum</i> Goldf., 2, 4, 8, 9, 10 (fréq.);
12. <i>Pecten Gerardi</i> Nyst, 7, 10 (fréq.);
13. — <i>pusio</i> Penn., 10;
14. — <i>tigrinus</i> Müller, 8, 10 (fréq.);
15. <i>Mytilus edulis</i> L., 3;
16. <i>Nucula nucleus</i> L., 10;
17. <i>Leda</i> cf. <i>myalis</i> Couthouy, 4, 7, 9;
18. <i>Cardita scalaris</i> Leathes, 2, 3 (fréq.), 5 (fréq.), 6, 8, 9, 10 (fréq.), 11, 12, 13; |
|--|---|

19. *Cardita corbis* Phil., 2, 3, 5, 7, 9, 10 (fréq.), 11 (fréq.);
20. *Cardita orbicularis* Leathes, 4, 10;
21. *Astarte pygmea* Münster, 6;
22. *Astarte triangularis* Mont., 1, 3, 5, 6 (fréq.), 9, 10 (fréq.), 11 (fréq.), 12;
23. *Astarte Omalii* Lajonk, 10;
24. — *Basterotii* Lajonk, 3, 10 (fréq.);
25. *Woodia excurrens* Wood, 3, 6, 10, 11, 12;
26. *Woodia digitaria* L., 2, 3 (fréq.), 4, 5, 6 (fréq.), 7, 8, 9, 10 (fréq.), 11, 12, 13;
27. *Lucina borealis* L., 3, 10;
28. *Cardium edule* L., 10;
29. *Cardium decorticatum* Wood, 10;
30. *Cyprina islandica* L., 2, 10 (fréq.);
31. *Venus ovata* Pennant, 3, 5, 6 (fréq.), 7, 9, 10, 11;
32. *Tellina donacina* L., 10;
33. *Ensis ensis* L., 3, 5, 6 (fréq.), 9, 10;
34. *Mactra solida* L., 3, 5, 7, 8, 10 (fréq.), 11;
35. *Poromya granulata* Nyst, 10;
36. *Corbula gibba* Olivi, 1, 2, 3 (fréq.), 4, 5 (fréq.), 6 (fréq.), 7, 8 (fréq.), 9 (fréq.), 10 (fréq.), 11 (fréq.), 12, 13, 14;
37. *Dentalium entale* L., 2, 3 (fréq.), 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 (fréq.), 11, 12, 13;
38. *Scalaria subulata* Sow., 10;
39. — *foliacea* Sow., 8;
40. *Turritella incrassata* Sow., 10 (fréq.);
41. — *terebra* Mont., 1, 10;
42. *Calyptrea sinensis* L., 10;
43. *Natica Alderi* Forbes, 10 (fréq.);
44. *Pyramidella laeviuscula* Wood, 3;
45. *Odostomia plicata* Mont., 6;
46. *Menestho laevigata* Wood, 11;
47. *Aporrhais pes-pelecani* L., 3;
48. *Nassa reticosa* Sow., 10 (fréq.), 11;
49. — *labiosa* Sow., 10;
50. — *incrassata* Müller, 6, 10;
51. *Columbella sulcata* Sow., 10;
52. *Voluta Lamberti* Sow., 10;
53. *Cancellaria costellifera* Sow., 10;
54. *Pleurotoma costata* Sow., 10;
55. *Ringicula buccinea* Sow., 10.

Pour une raison inconnue, feu V. Becker a réuni les Bryozoaires dans les couches 5-8 ou 5^m, 5-7^m, 5 — A. P.; j'en fais provisoirement un étage « *b* ». L'étage « *a* » embrasse les couches 1-4, de 3^m, 5 à 5^m, 5 — A. P., qui ne sont pas riches en fossiles. Ensuite, la couche de 8 mètres à 8^m, 5 — A. P. est tellement riche qu'il faut l'isoler : je fais l'étage « *d* » de cette couche, un étage « *c* » de la couche 9, de 7^m, 5-8 mètres, et un étage « *e* » des couches 11-14, de 8^m, 5 à 14^m, 5 — A. P.

CHAPITRE XI.

Étages géologiques.

Il nous faut maintenant voir quels étages géologiques de la formation pliocène ont été atteints dans les quatre sondages. C'est le principal but de ce travail.

Pour faciliter l'aperçu, j'ai réuni les fossiles de chaque sondage

dans un tableau qui permet de le comparer aux dépôts de la Belgique et de l'Angleterre. *D* signifie Diestien; *S*, Scaldisien; *P*, Poederlien; *G*, Gedgravien; *W*, Waltonien; *A*, Amstélien; *I*, Icenien; *W*, Weybournien; *A*, Mers actuelles; *E*, éteinte; *N*, Nord; *S*, Sud. La petite ligne horizontale veut dire que, d'après M. Harmer, l'espèce est caractéristique pour la subdivision stratigraphique en question; le signe *, qu'elle est fréquente dans le sondage.

C'est à Flessingue que la question se présente de la façon la plus simple.

L'étage *a*, de 13^m,5 à 14 mètres — A. P., contient : *Tapes virginea*, *Corbula gibba*, *Scrobicularia piperata*, *Hydrobia ulvae* et surtout *Cerithium reticulatum*, toutes espèces caractéristiques pour le système eemien, Flandrien marin, ou Quaternaire supérieur des Pays-Bas et de la Belgique. Il est vrai qu'on y trouve aussi *Pecten opercularis*, *Lucina borealis* et *Fissurella graeca*, qui ne sont pas connues du système, mais bien du Pliocène, et qui vivent encore de nos jours.

La *Cardita chamaeformis* constitue un obstacle plus sérieux, puisque cette espèce n'a pas survécu au Pliocène; peut-être que la valve unique ne se trouve dans l'étage *a* qu'à l'état remanié. Je laisse donc l'étage *a* dans le système eemien.

D'un autre côté, la liste de la page 244, énumérant les espèces du monceau de débris, dont les profondeurs ne sont pas connues, nous fait voir la *Terebratulina grandis*, preuve suffisante de ce que le Gedgravien ou Diestien a été atteint. Elle se rencontre aussi dans l'étage *d*, entre 26^m,5 et 46^m,5 — A. P., avec un Bryozoaire, *Hornera frondiculata*, avec *Ostrea edulis*, *Pecten opercularis*, *Pectunculus glycymeris*, *Cyprina islandica* et *Corbula gibba*, qui n'empêchent aucunement de mettre la couche en question dans le Gedgravien.

Il s'y joint le *Pecten septemradiatus* Loven = *danicus* Chemn., espèce récente et quaternaire, mais connue aussi dans le Pliocène de Sutton et de Foxhall (C. M. suppl. I), par conséquent dans le Newbournien et dans le Butleyen, ou bien dans l'Amstélien. C'est donc de nouveau une anomalie embarrassante. Pourtant, je veux laisser *d* dans le Gedgravien et y joindre l'étage *e* de 49 mètres à 49^m,2, qui ne contient qu'un seul fossile : *Corbula gibba* Olivi.

L'étage *c*, de 19^m,5 à 26^m,5 — A. P., est le plus riche en Bryozoaires et en coquilles, comme nous le montre le tableau. Il contient plusieurs espèces, vivant au Nord, il est vrai, mais qui se trouvent aussi au Sud, tandis qu'il renferme plusieurs espèces méridionales, qui ne vivent pas au Nord. Ce sont *Woodia digitaria*, *Diplodonta rotundata*, *Mactra*

solida, *Lepeta caeca* et *Capulus ungaricus*. Le choix est donc limité entre le Waltonien et le Gedgravier. Les espèces 9, 11, 16, 26, 28, 32, 33, 34 et 38 sont énumérées par M. Harmer comme caractéristiques pour le Waltonien, mais elles se rencontrent aussi dans le Gedgravier. Cette circonstance, jointe à la présence d'un nombre relativement grand de Bryozoaires, me décide à considérer cet étage aussi comme diestien, de sorte que cette formation s'étendrait de 19^m,5 à 49^m,2 — A. P. et aurait une épaisseur de 30 mètres, tandis que sous Goes, elle s'étend de 57 à 93 mètres — A. P. et a une épaisseur de 36 mètres.

Dans cette évaluation, l'étage *b* n'est pas compris. Il s'étend de 18^m,5 à 19 mètres et possède une faune assez maigre, ce qui est probablement en relation avec sa faible épaisseur. Il ne contient que *Cardita orbicularis*, *Woodia digitaria*, *Cardium edule* et *Corbula gibba*, la dernière en profusion. Manque absolu d'espèces boréales, de sorte que cet étage est probablement waltonien ou gedgraviën. Dans les deux cas, on n'a qu'une seule grande lacune, du Quaternaire le plus récent au Pliocène moyen, mais il faut avouer en même temps que la documentation est insuffisante pour exclure toute autre manière de voir.

Pour le sondage de Walsoorden, je me trouve dans les conditions les plus favorables; la discussion n'aura, pour ainsi dire, pour effet que d'enfoncer une porte ouverte.

En examinant le tableau ci-après (p. 252) on voit tout d'abord que l'étage *c* est le plus important. Il contient la plupart des Bryozoaires rencontrés et il me paraît hors de doute qu'il appartient au Diestien ou Gedgravier. Ensuite *d* et *e* ne contiennent aucun fossile oligocène ou miocène, excepté la sempiternelle *Corbula gibba*, de sorte qu'ils s'y associent. Restent *a* et *b*, beaucoup moins riches; *b* ne contient que la *Lingula Dumortieri* et *a* deux espèces de *Salicornaria*, dont l'une est aussi connue du Waltonien belge, ainsi que la *Lingula*. Il y a donc quelque chance que ce dernier étage soit représenté aussi à Walsoorden; pourtant, je serais plus disposé à grouper toutes les couches pliocènes dans le Diestien, qui s'étendrait alors de 29^m,50 à 42 mètres — A. P. et aurait une épaisseur minimale de 12^m,5.

Examinons maintenant le tableau suivant (p. 253) de Bergen-op-Zoom et commençons par l'étage prépondérant *c*, s'étendant de 61 à 64 mètres — A. P. La *Cupularia denticulata* y est assez fréquente, quoique presque

Fossiles du sondage de Bergen-op-Zoom.

No d'ordre.	NOMS DES ESPÈCES.	PLIOCÈNE BELGE.			PLIOCÈNE ANGLAIS.				ÉPOQUE ACTUELLE.				SONDAGE.					
		D.	S.	P.	G.	W.	A.	J.	W.	A.	E.	N.	S.	a	b	c	d	e
1	<i>Cupularia denticulata</i> Conrad . .	+			+					+					+	*	+	
2	<i>Lingula Dumortieri</i> Nyst. . . .	+	+	+	+						+					+		
3	<i>Ostrea edulis</i> L.	+	+	+	+		+			+		+	+			+		
4	<i>Pecten opercularis</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+			+		
5	— <i>ventilabrum</i> Goldf.	+	+		+	+	+				+					+		
6	— <i>pusio</i> Pennant	+	+	+	+		+			+		+	+			+		
7	<i>Mytilus edulis</i> L.		+	+		+	+	+		+		+	+	+				
8	<i>Leda</i> cf. <i>myalis</i> Couthouy . . .						+	+			+					+		
9	<i>Pectunculus glycymeris</i> L. . . .	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+			+		
10	<i>Cardia corbis</i> Philippi		+		+		+						+			+		
11	<i>Astarte Galeottii</i> Nyst.	+	+		+		+				+					+		
12	— <i>triangularis</i> Mont.		+	+	+	+				+		+	+			+		
13	<i>Woodia digitaria</i> L.	+	+	+	+		+			+			+			*		
14	— <i>excurrentis</i> Wood.	+			+						+					+		
15	<i>Diplodonta rotundata</i> Mont. . . .	+	+	+	+								+			+		
16	<i>Cardium edule</i> L.				+		+	+	+	+		+	+	+				
17	— <i>nodosum</i> Mont.	+			+		+			+		+	+			+		
18	— <i>decorticatum</i> Wood	+	+	+	+	+	+				+					+		
19	<i>Cyprina islandica</i> L.	+	+		+		+	+	+	+		+	+			+	+	
20	<i>Tapes virginea</i> Math.		+		+	+	+	+	+		+	+	+			+		
21	<i>Venus ovata</i> Penn.	+	+	+	+		+		+	+		+	+			*	+	
22	— <i>imbricata</i> Sow.	+	+	+	+	+	+				+					+		
23	<i>Cytherea rudis</i> Poli.	+	+	+	+	+	+					+					+	
24	<i>Dosinia lincta</i> Pulteney	+	+		+	+				+		+	+				+	
25	<i>Tellina balthica</i> L.							+	+		+	+	+		+			
26	<i>Mactra solida</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+		+		*	*	*		
27	— <i>deaurata</i> Turton.		+	+		+	+			+		+			+			
28	— <i>subtruncata</i> Costa		+	+			+	+	+		+	+	+	+	+			
29	<i>Cultellus tenuis</i> Phil.	+	+	+	+	+	+			+					+			—
30	<i>Panopaea Faujasi</i> Menard	+	+	+	+		+			+							+	
31	<i>Mya arenaria</i> L.		+	+			+	+	+	+		+	+	+				
32	<i>Corbula gibba</i> Olivi.	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+	*	+	
33	<i>Dentalium entale</i> L.	+			+		+			+		+	+			+		
34	<i>Turritella terebra</i> Mont.						+	+		+		+	+			+		
35	— <i>incrassata</i> Sow.	+	+	+	+		+	+			+						+	
36	<i>Calyptraea sinensis</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+			+		
37	<i>Natica millepunctata</i> Lam. . . .	+	+	+	+		+										+	
38	— <i>Alder</i> Forbes		+	+	+		+			+		+	+				+	
39	<i>Pleurotoma costata</i> Da Costa . . .		+	+	+		+			+						+		

exclusivement fragmentaire. Les espèces 3, 4, 9, 19, 20, 21, 26 et 32 ne nous servent à rien dans l'orientation.

Par contre, il s'y trouve plusieurs espèces plus caractéristiques, par exemple la *Leda myalis*; mais je ne suis pas absolument sûr de ma détermination, car je n'en ai que six fragments. L'*Astarte Galeottii* et le *Cultellus tenuis*, deux espèces éteintes, s'étendent du Gedgravien à l'Amstelien. *Cardita corbis*, *Woodia digitaria* et *Diplodonta rotundata* ont un caractère méridional, en tout cas non boréal. La *Lingula Dumortieri*, qui n'est pas connue au-dessus du Waltonien, mais surtout la *Woodia excurrens*, qui n'est connue que dans le Diestien, me porteraient à donner à l'étage un âge plus reculé. Les *Pecten ventila-brum*, *Astarte Galeottii*, *Cardium decorticatum*, *Venus imbricata*, *Cultellus tenuis* et *Pleurotoma costata* permettraient encore de déterminer l'étage amstelien.

La plus grande opposition existe entre la *Leda myalis* et la *Woodia excurrens*.

L'étage *d*, de 65 à 75 mètres — A. P., offre à son tour des incertitudes, mais pas de contradictions; il ne contient aucune espèce boréale, ce qui est favorable à l'admission dans le Waltonien ou dans le Gedgravien.

L'étage *b*, de 51 à 60 mètres — A. P., contient quatre espèces vivantes et ordinaires, mais il renferme aussi la *Macra deaurata*, plus ou moins boréale de nos jours et connue dans le Waltonien et dans l'Amstelien, mais non dans le Gedgravien.

L'étage *a* est moins caractéristique encore; il ne contient que cinq espèces, toutes vivantes de nos jours.

Pour toute sûreté, j'ai soumis mes conclusions à la critique de l'expérimenté M. Harmer, qui est d'accord avec moi pour penser que les résultats de ce sondage ne sont pas suffisants. Il est tenté de mettre les couches *c* et *d* dans le Gedgravien (Diestien), en négligeant les fragments plus ou moins douteux de *Leda myalis*. Je n'ai aucune objection à m'associer à cet avis, puisque j'hésitais moi-même entre Waltonien et Gedgravien.

Pour M. Harmer, les couches *a* et *b* sont quaternaires, à cause de la présence d'une *Tellina balthica* dans *b*. J'accepte sa manière de voir pour *a*, puisque les coquilles se trouvent dans un sable graveleux que j'avais déjà considéré comme moséen (Grinddiluviun, voir *ante*).

Pour la couche *b*, il ne m'est pas possible de me former une opinion; je serais plutôt tenté de la considérer comme pliocène, à cause de la nature fine du sable, qui me paraît exclure le Diluvium.

Fossiles du sondage de Mariëndaal lez-Grave.

N° d'ordre.	NOMS DES ESPÈCES.	PLIOCÈNE BELGE.			PLIOCÈNE ANGLAIS.				ÉPOQUE ACTUELLE.				SONDAGE.					
		D.	S.	P.	G.	W.	A.	J.	W.	A.	E.	N.	S.	a	b	c	d	e
1	<i>Cupularia denticulata</i> Conr.	+			+					+				*	+		*	+
2	<i>Melicerita Charlesworthi</i> Edw.				+									+	+			
3	<i>Hornera reteporacea</i> Edw.	+			+										+			
4	<i>Schizoporella sanguinea</i> Norm.														+			
5	<i>Membranipora reticulum</i> L.	+			+					+			+		+			
6	<i>Alecto repens</i> Wood.				+										+			
7	<i>Lingula Dumortieri</i> Nyst	+	+	+						+							+	
8	<i>Anomia ephippium</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+		+			
9	<i>Ostrea edulis</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	*	+	+	*	+
10	<i>Pecten opercularis</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		*	+
11	— <i>ventilabrum</i> Goldf.		+	+	+	+	+							+	+	+	*	+
12	— <i>Gerardi</i> Nyst	+	+	+	+					?		?			+		*	+
13	— <i>pusio</i> Pennant	+	+	+	+		+			+			+		+		+	
14	— <i>tigrinus</i> Möller	+	+	+	+	+	+								+		*	+
15	<i>Mytilus edulis</i> L.		+	+			+	+		+	+	+	+		+		+	
16	<i>Nucula nucleus</i> L.	+	+	+	+					+	+	+	+		+		+	
17	<i>Leda cf. myalis</i> Couthouy						+	+			+			+	+	+		
18	<i>Cardita scalaris</i> Leathes	+	+	+	+					+				*	*		*	+
19	— <i>corbis</i> Philippi		+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	*	*
20	— <i>orbicularis</i> Leath.	+	+	+	+		+							+	+		+	
21	<i>Astarte pygmaea</i> Müst.				+					+					+			
22	— <i>triangularis</i> Mont.		+	+	+	+				+	+	+	+	*	+	*	*	*
23	— <i>Galeotti</i> Nyst	+	+	+	+					+				*	*		*	*
24	— <i>Omalii</i> Lajonk.	+			+					+	+	+	+		+		+	
25	— <i>Basteroti</i> Lajonk.	+	+	+	+	?					+			+	+		*	+
26	<i>Woodia excurrens</i> Wood.									+					+	+		+
27	— <i>digitaria</i> L.	+	+	+	+		+			+				*	*	+	*	+
28	<i>Lucina borealis</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+			
29	<i>Cardium edule</i> L.		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+				+	
30	— <i>decoricatum</i> Wood	+	+	+	+	+				+							+	
31	<i>Cyprina islandica</i> L.	+	+	+	+		+			+	+	+	+	+	+		*	
32	<i>Venus ovata</i> Pennant	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	*	+	+	+	+
33	<i>Tellina donacina</i> L.	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+		+	
34	<i>Ensis ensis</i> L.	+	+	+	+		+			+	+	+	+	*	+	+	+	+
35	<i>Macra solida</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		*	+
36	<i>Poromya granulata</i> Nyst.		+	+	+					+	+	+	+	+	+		*	+
37	<i>Corbula gibba</i> Olivi.	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	*	*	*	*	*
38	<i>Dentalium entale</i> L.	+							+	+	+	+	+	*	+	+	*	+
39	<i>Scalaria subulata</i> Sow.		+	+	+					+							+	
40	— <i>foliacea</i> Sow.			+	+		+			+					+			
41	<i>Turritella incrassata</i> Sow	+	+	+							+	+	+				*	
42	— <i>terebra</i> Mont.						+	+	+	+	+	+	+	+			+	
43	<i>Calyptrea sinensis</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
44	<i>Natica Alderi</i> Forbes	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		*	
45	<i>Pyramidella laeviscula</i> Wood.	+			+		+							+				
46	<i>Ocostomia plicata</i> Mont.		+								+	+	+		+			
47	<i>Menestho laevigata</i> Wood.				+													+
48	<i>Aporrhais pes-pellicani</i> L.	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+				
49	<i>Nassa reticosa</i> Sow.	+	+	+	+		+			+							*	+
50	— <i>labiosa</i> Sow.	+	+	+	+												+	+
51	— <i>incrassata</i> Müller		+	+	+				+		+	+			+		+	
52	<i>Columbella sulcata</i> Sow		+	+	+	+	+										+	
53	<i>Voluta Lamberti</i> Sow	+	+	+	+		+	+		+							+	
54	<i>Cancellaria costellifera</i> Sow		+	+	+		+	+			+	+					+	
55	<i>Pleurotoma costata</i> Da Costa	+	+	+	+									+			+	
56	<i>Ringicula buccinea</i> Sow	+	+	+	+		+							+			+	

Dans le quatrième sondage, celui de Mariëndaal lez-Grave, notre attention est attirée par la couche *b*, de 5^m,5 à 7^m,5 — A. P. Elle contient six espèces de Bryozoaires, argument séduisant pour la mettre dans le Gedgravien ou Diestien. On y trouve aussi l'*Astarte pygmea* et la *Woodia excurrans*, qui ne sont pas connus dans les étages plus récents. Les autres espèces ne s'y opposent pas, à l'exception de la *Leda myalis*, espèce boréale. Toutefois, de même que dans la couche *c*, de 7^m,5 à 8 mètres — A. P., ce ne sont que des fragments, dont je n'ai osé présenter la détermination qu'avec un certain doute. Comme toutes les espèces du sondage sont pliocènes, il s'ensuivrait que les couches *c*, *d* et *e*, de 7^m,5 à 14^m,5 — A. P., devraient être attribuées également au Diestien. Il n'y a que deux espèces qui ne se prêtent pas à cette classification, à savoir la *Turritella terebra* de la couche *d*, qui n'est pas connue dans un étage plus ancien que l'Amstelien, et la *Columbella sulcata*, également de *d*, qui ne descend pas au delà du Waltonien ou Poederlien. Ce sont donc de nouveau de ces anomalies auxquelles je me suis déjà heurté plusieurs fois. Elles ne me semblent pas suffisantes pour modifier ma conception que le Diestien s'étend de 5^m,5 à 14^m,5 — A. P.

Considérons maintenant la couche *a*, de 5^m,5 à 5^m,5 — A. P. Elle ne contient qu'un Bryozoaire, la *Cupularia denticulata*, qui n'est connue, à l'état fossile, que dans le Diestien, mais qui vit encore. La seule espèce qui nous porterait à considérer la couche également comme Diestien, est la *Woodia excurrans*, puisqu'elle ne monte pas plus haut et est éteinte. L'*Astarte Basterotii* ne monte pas au delà du Waltonien, et il en est de même de l'*Astarte triangularis*, qui vit pourtant de nos jours. Les espèces suivantes permettraient encore la classification dans l'Amstelien, mais ne s'opposent nullement à celle dans le Waltonien. Ce sont : *Pecten ventilabrum*, *Cardita scalaris*, *Cardita corbis*, *Cardita orbicularis*, *Astarte Galeottii*, *Woodia digitaria*, *Pyramidella laeviuscula*. En somme, la couche *a* certainement un caractère plus récent que les autres, mais il n'y a point d'espèces boréales, de sorte que je suis d'avis de classer la couche *a*, de 5^m,5 à 5^m,5 — A. P., dans le Waltonien. La seule espèce qui s'y oppose est la *Turritella terebra*, qui nous a déjà causé de l'embarras précédemment.

J'admets donc le Waltonien entre 5^m,5 et 5^m,5 — A. P. et le Gedgravien entre 5^m,5 et 14^m,5 — A. P.

M. Harmer veut considérer l'ensemble des dépôts de Mariëndaal comme Gedgravien, ou bien la partie supérieure comme Waltonien, sans indiquer toutefois une couche définie. On voit donc que nos conclusions s'accordent assez bien.

CHAPITRE XII.

Récapitulation.

Résumons maintenant les résultats stratigraphiques des huit sondages néerlandais qui ont percé le Diluvium et atteint la formation pliocène.

Je ne m'occuperai que très accessoirement de celui d'Arnhem, puisqu'on n'en a conservé que des débris trop insignifiants pour permettre des conclusions. Il a cependant prouvé que le Diluvium s'étend de 15 mètres + A. P. à 71 mètres — A. P., de sorte qu'il y a une épaisseur de 86 mètres.

Les sept autres sondages sont plus importants.

Il y en a trois, exécutés en Zélande, à Flessingue, à Walsoorden et à Goes, dont le Pliocène est recouvert de dépôts marins, de sorte qu'il serait possible qu'une partie en ait été lavée par les vagues de la mer.

J'admets à Flessingue le Rupélien de la base du sondage, soit à 71^m,5 — A. P. à 66^m,5 ou 55^m,5, peut-être même à 49^m,2 — A. P., où les premières coquilles pliocènes apparaissent. Le Diestien, assez bien constaté, s'étend de 49^m,2 jusqu'à 19^m,5; le Waltonien, moins bien déterminé, de 19^m,5 à 18^m,5, et le système eemien, de 18^m,5 à 15^m,5 — A. P.

Sous Walsoorden, nous n'avons affaire qu'au Diestien, s'étendant de 42 mètres à 29^m,5 — A. P. et recouvert d'alluvions.

A Goes, ma répartition s'est modifiée après la critique de M. Harmer; j'y admet actuellement : le Rupélien de 220 à 95 mètres, le Diestien de 95 mètres à 54^m,5, le Waltonien de 54^m,5 à 54 mètres, l'Amstélien de 54 à 29 mètres — A. P., puis l'Alluvion. Dernièrement, M. Harmer a cru devoir y introduire le Quaternaire au lieu de l'Amstélien, à cause du *Cardium groenlandicum* et de quelques espèces récentes, mais non caractéristiques. L'espèce susdite, quoique vivant actuellement dans les mers boréales, est mentionnée dans le *Crag Mollusca* pour Bawdsey et Sutton, par conséquent du Butleyen ou Amstélien, de sorte que je crois qu'il n'y a pas lieu à modification.

Pour les quatre autres sondages, nous sommes dans des conditions plus favorables; ceux-ci ne fournissent aucune indication bien convaincante de dénudation par les vagues de la mer. Le Pliocène y est recouvert par le Quaternaire continental, de sorte qu'il est toujours possible qu'une partie en ait été enlevée par les eaux fluviales.

A Bergen-op-Zoom, le Gedgravién ou Diestien s'étend probablement de 75 à 61 mètres — A. P., puis vient un étage indécis « b », de

59 à 51 mètres — A. P., recouvert, entre 44 et 59 mètres — A. P., par un sable graveleux contenant quelques espèces de coquilles qui ont pu vivre à l'époque quaternaire. Le reste du sondage, de 59 mètres — A. P. à la surface = 6 mètres + A. P., appartient au Diluvium sableux ou Flandrien.

A Mariëndaal, il est moins difficile de former une distinction stratigraphique; les coquilles s'y prêtent mieux. J'y admetts le Diestien de 20 mètres à 7^m,5 — A. P., le Waltonien de 7^m,5 à 4 mètres — A. P.

A Gorkum, d'après M. Harmer, toute la partie pliocène traversée par le sondage, de 178 à 117 mètres — A. P., appartient à l'Amstélien, qui est recouvert du Diluvium graveleux préglaciaire.

A Utrecht, le Diestien s'étend de 565 à 268 mètres, le Waltonien de 268 à 240 mètres, et l'Amstélien de 240 à 152 mètres — A. P.

Finalement, à Diemerbrug lez-Amsterdam, on n'a atteint que l'Amstélien, s'étendant de 555 à 190 mètres — A. P. et recouvert également du Quaternaire préglaciaire.

Il y a dans tous ces sondages continentaux une lacune importante entre le sommet des couches tertiaires et la base des couches quaternaires, et il en est de même en Belgique, mais non dans l'Est de l'Angleterre, où la série est complète. Il est donc assez probable que, tant en Belgique que dans les Pays-Bas, il y a eu une émerision du sol dans la dernière partie de la période pliocène.

C'est aussi l'avis de M. Harmer, qui appuie cette hypothèse sur la présence de coquilles terrestres ou fluviatiles rencontrées entre 88^m,5 et 116 mètres — A. P. sous Gorkum, 152 — 165 mètres — A. P. sous Utrecht et au-dessus de 254 mètres — A. P. sous Amsterdam.

La surface du Tertiaire aurait aussi été à nu à Bergen-op-Zoom et Mariëndaal, avant le commencement du Quaternaire, de sorte qu'une rivière, correspondant au Rhin ou à la Meuse, aurait eu l'occasion de poursuivre son cours sur le fond de la mer du Nord à sec jusque dans l'Est de l'Angleterre, phénomène dont M. Harmer est convaincu d'avoir trouvé les preuves.

A cette émerision aurait succédé un nouvel affaissement du sol, qui a duré pendant toute la période quaternaire et probablement encore dans les temps historiques. Dans mon opinion, il aura cessé dès le milieu du XVI^e siècle, chiffre qui a été admis aussi par M. Rutot pour la Belgique.

Utrecht, janvier 1905.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
I. — Anciens sondages en Zélande, décrits par M. Seelheim	203
II. — Ancien sondage de Goes (revision)	206
III. — Sondages de Bruinisse, question du Diluvium en Zélande	210
IV. — — de Walcheren	212
V. — — de la Flandre zélandaise	216
VI. — — dans l'Ouest du Brabant	224
VII. — — dans l'Est du Brabant.	228
VIII. — L'étude du Pliocène en Belgique et en Angleterre dans la dernière période décennale.	236
IX. — Considérations sur quelques coquilles embarrassantes.	241
X — Répartition verticale des fossiles dans les quatre nouveaux sondages .	244
XI. — Étages géologiques.	248
XII. — Récapitulation	257



A PROPOS
DE LA
CARTE GÉOLOGIQUE

DE LA
province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer

PAR LE
Baron O. VAN ERTBORN (1)

PLANCHE V.

La carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer, que nous avons eu l'honneur de présenter à la séance de la Société du 21 avril dernier, était à l'échelle du 160 000^e; nous l'avons réduite à celle du 400 000^e.

La présente carte est accompagnée de deux diagrammes, le premier donnant la coupe géologique Ouest-Est du plateau du Limbourg par 50° 57' de latitude; le second partant de ce parallèle et se prolongeant dans la direction du Nord jusqu'à Utrecht, soit sur une longueur de 125 kilomètres. Nous appellerons tout spécialement l'attention sur ce dernier, qui permet de constater l'inflexion régulière des couches vers le Nord. Cette allure est caractéristique des formations géologiques dans cette région. Il y a vingt-cinq ans au moins que nous insistons sur ce fait, et dans ces derniers temps on émettait encore l'idée de relèvement dans cette direction. Personne n'ignore à présent que plus les sondages houillers sont situés vers le Nord, plus ils ont de morts-terrains à traverser. Le fait est donc dûment prouvé.

Nous croyons utile de dire qu'aucun des tracés de la présente carte n'est emprunté à ceux de la Carte géologique à l'échelle du 40 000^e.

(1) Présenté à la séance du 21 avril 1903.

Il y a vingt-cinq ans, M. Paul Cogels et moi, nous avons fait le levé géologique au 20 000^e de dix-huit planchettes de la Carte topographique du royaume, comprenant chacune 8 000 hectares.

Trois de ces planchettes, celles de Beveren, de Tamise et de Saint-Nicolas, font partie du territoire de la Flandre orientale; deux de celui du Brabant, Aerschot et Lubbeek; une est située en Limbourg, celle de Kermpt-Bolderberg; toutes les autres, au nombre de douze, représentent une partie considérable de la province d'Anvers (1).

Les sondages à grande profondeur de Malines, Briendonck, Boom, Hoboken, Aertselaer, Anvers, Tamise, Rupelmonde, Saint-Nicolas, Wuestwezel, Merxplas, Turnhout, Heyst-op-den-Berg, Westerloo, Kermpt, etc., nous ont fait connaître le sous-sol de cette partie du pays et l'allure générale des couches.

Dans nos levés, nous fîmes quelques erreurs, comme il arrive toujours dans les cas analogues; nous avons déterminé comme *Wemmelien supérieur* de l'Éocène supérieur, les sables sous-jacents à l'argile rupelienne dans la province d'Anvers et la zone limitrophe de la Flandre, sur la rive gauche de l'Escaut.

A cette époque, toutes preuves paléontologiques faisaient défaut, et ce ne fut que plus tard que nos sondages ont permis d'y découvrir une faune assez riche et bien caractéristique de l'Oligocène moyen. Dans cette même région, ces sables ne se terminent pas à la base par la couche de cailloux de silex plats et noirs, si bien représentée en Brabant et en Limbourg.

Sur le territoire des planchettes de Heyst-op-den-Berg et de Boisschot, nous avions assigné une limite beaucoup trop restreinte à l'affleurement en sous-sol de l'argile rupelienne dans la direction du Sud. Nos sondages de Heyst-op-den-Berg et de Westerloo ont permis de constater que l'extension de cet affleurement dans cette direction est encore beaucoup plus considérable qu'on ne le supposait.

Notre Scaldisien supérieur, sables à *Corbula gibba*, constitua depuis un étage spécial, le Poederlien, et les sables à *Isocardia cor* furent rangés dans l'étage diestien. L'Anversien fut assimilé au Bolderien;

(1) Ces planchettes sont :

Anvers.	Hoboken.
Boisschot.	Heyst-op-den-Berg.
Boom.	Lierre.
Casterlé.	Lille.
Contich.	Malines.
Hérenthals.	Putte.

toutefois, les limites de ces dernières formations ne furent pas modifiées.

A plusieurs reprises, nous avons publié des études sur les dépôts d'origine fluviale qui, en Campine limbourgeoise et anversoise, occupent le faite de partage des bassins de l'Escaut et de la Meuse et qui en Belgique s'étendent sur une surface de 160 000 hectares environ.

Notre confrère le Dr Harmer, membre de la Société, a publié récemment un mémoire des plus intéressants (1) sur les couches d'âge pliocène et quaternaire de l'Angleterre orientale, en les comparant aux dépôts de même âge situés en Belgique et en Hollande.

Ce mémoire comprend entre autres deux grandes coupes : l'une du Mont-Cassel à Amsterdam, par Ostende, Heyst, Goes, Gorkum et Utrecht; l'autre de Norwich à Greenloo, par Yarmouth, Amsterdam et Arnhem.

La première nous donne pour le sous-sol d'Utrecht la coupe suivante :

Moderne et Quaternaire.	156 ^m ,46
Étage amstélien	80 ^m ,00
Étages scaldisien et poederlien	37 ^m ,51
Étage diestien, percé sur	91 ^m ,50
TOTAL	365 ^m ,47

Fait important, l'auteur range l'étage amstélien dans le système pliocène, et, sur ce point, il est, croyons-nous, en parfaite communauté d'idées avec notre confrère et ami le Dr Lorie, d'Utrecht.

L'étage amstélien est marin; il repose sur l'étage poederlien, tout comme les sables et les argiles de la Campine d'origine fluviale. Après la fin de la sédimentation marine poederlienne, la Meuse n'avait d'autre issue que la mer amstélienne; il n'y a donc rien d'étonnant à ce qu'elle ait amené des sédiments à facies divers sur le littoral de cette mer, comme elle le fait encore de nos jours sur la côte de la mer du Nord; toutefois la main de l'homme a mis fin, par les endiguements, à la précipitation des argiles dans la zone lagunaire, connue sous le nom de *Polders*.

Le gisement de ces sables et de ces argiles sur le faite de partage des

(1) *Proceedings of Geologist's Association*, vol. XVII, parts 9 and 10. August 2. November 1902. *A sketch of the later Tertiary History of East Anglia* by F. M. HARMER.

bassins actuels de la Meuse et de l'Escaut prouve à l'évidence que le relief actuel du sol n'existait pas encore lors de leur sédimentation. Il y a longtemps que nous avons attiré l'attention sur ce fait si important au point de vue stratigraphique. Le diagramme du plateau du Limbourg permet de voir bien nettement leur gisement.

Nous considérons ces sables et ces argiles comme contemporains des dépôts marins amsteliens. Nous n'avons, il est vrai, qu'une preuve stratigraphique, car, dans les cas semblables, les preuves paléontologiques absolues font défaut, l'origine des sédiments n'étant pas la même.

Nous reproduisons ici la partie de la Légende de M. Harmer qui synchronise les couches pliocènes anglaises, néerlandaises et belges.

Butleyan.	Butley and Bawdsey Crag. Zone of <i>Cardium groenlandicum</i> .		Red Crag. Marine.	Amsteliën. Upper portion.
Newbournian.	Newbourn and Sutton Crag. Zone of <i>Macra constricta</i> .			Lower portion.
Waltonian.	Essex Crag.	Oakley horizon. Zone of <i>Macra obtruncata</i> .		Poederliën.
		Walton horizon. Zone of <i>Neptunea contraria</i> .		Scaldisiën.
Gedgravian.	Coralline Crag. Zone of <i>Macra triangulara</i> .			Casterliën (1).

L'étage amstélien a été reconnu à Amsterdam, à Arnhem, à Utrecht, à Gorkum, enfin à Goes, à 25 kilomètres de notre frontière et sous le même parallèle que les points les plus septentrionaux de la province d'Anvers. Il repose partout sur le Poederlien, comme les sables et les argiles de la Campine (2).

(1) Partie supérieure de l'étage diestien.

(2) L'Amstélien a, à Gorkum, plus de 60 mètres, 80 à Utrecht, plus de 90 à Amsterdam. Les dépôts modernes et quaternaires ont à Gorkum 116^m,50, 136^m,40 à Utrecht, 190 à Amsterdam.

La genèse du système pliocène peut donc s'établir ainsi : la mer diestienne se retire progressivement vers le Nord; pendant la phase easterlienne, ses lagunes sont à Heyst-op-den-Berg, ses dunes à Lichtaert et à Casterlé, les sables à *Isocardia cor* se déposent à Anvers. Enfin, le cordon littoral scaldisien marque le point extrême du retrait de la mer diestienne vers le Nord.

La mer poederlienne, par suite d'un léger affaissement du sol vers le Sud, reprend possession, au moins en grande partie, du bassin de la mer diestienne — arase partiellement la région dunale de cette dernière, y laisse ses couches marines. Celles-ci existent à Lichtaert à la cote 25 et dans la partie méridionale du plateau du Limbourg vers la cote 70. Ces couches marines ont dû s'étendre beaucoup plus loin vers le Sud, mais, plus exposées que toutes autres aux dénudations quaternaires, elles durent disparaître les premières. Le Diestien même n'est plus représenté dans la direction du Sud que par des lambeaux isolés sur le sommet des collines les plus élevées.

Le mouvement de bascule, qui a relevé toute la Belgique dans la direction du Sud, ne s'est donc accentué que lorsque les sables et les argiles de la Campine s'étaient déjà déposés, car si le lit de la Meuse s'était trouvé à la cote 71 à Genck, son courant aurait été rapide et aurait raviné le Poederlien; or les sondages de Turnhout, de Merxplas, de Wuestwezel et du camp de Brasschaet nous révèlent un état de choses absolument semblable à celui que l'on constate dans le Polder d'Austruweel-Anvers, où les alluvions modernes se sont déposées sur le toit du Poederlien, absolument horizontal.

Tout indique donc que les sables et les argiles de la Campine se sont déposés dans une plaine basse, qui se releva ensuite vers le Sud et s'enfonça vers le Nord, progressivement bien entendu, au fur et à mesure du creusement des vallées. Pendant la période caractérisée par la faune du Mammouth, l'ablation des couches méridionales fut énorme et les matériaux charriés par les eaux fluviales comblèrent la fosse néerlandaise. Un cubage approximatif d'une telle masse nous donnerait un chiffre respectable de kilomètres cubes; l'épaisseur moyenne probable des dépôts quaternaires et moderne est d'au moins 100 mètres dans la moitié occidentale de la Hollande, et tous renseignements font défaut sur ceux qui reposent sur le Tertiaire dans le fond de la mer du Nord.

MM. Harmer et Lorié, plaçant avec raison la limite du Pliocène au toit de l'étage amstélien, nous ne pouvons que nous rallier à leur opinion, et nous proposons pour les sables et les argiles de la Campine

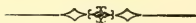
le nom d'étage *amstelo-moséen*, le dernier mot rappelant l'origine fluviatile de ces sédiments.

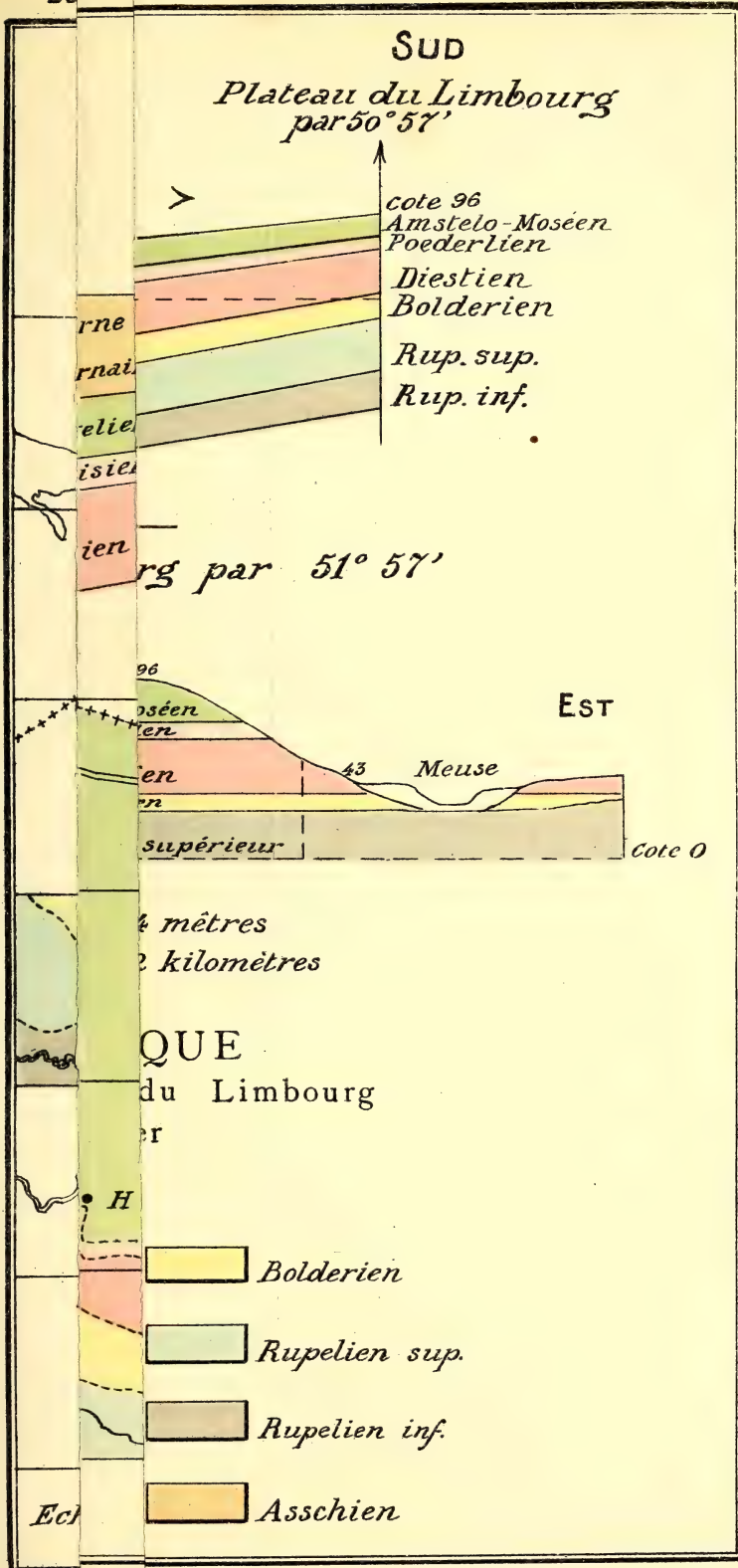
La carte nouvelle est donc basée sur la Légende suivante :

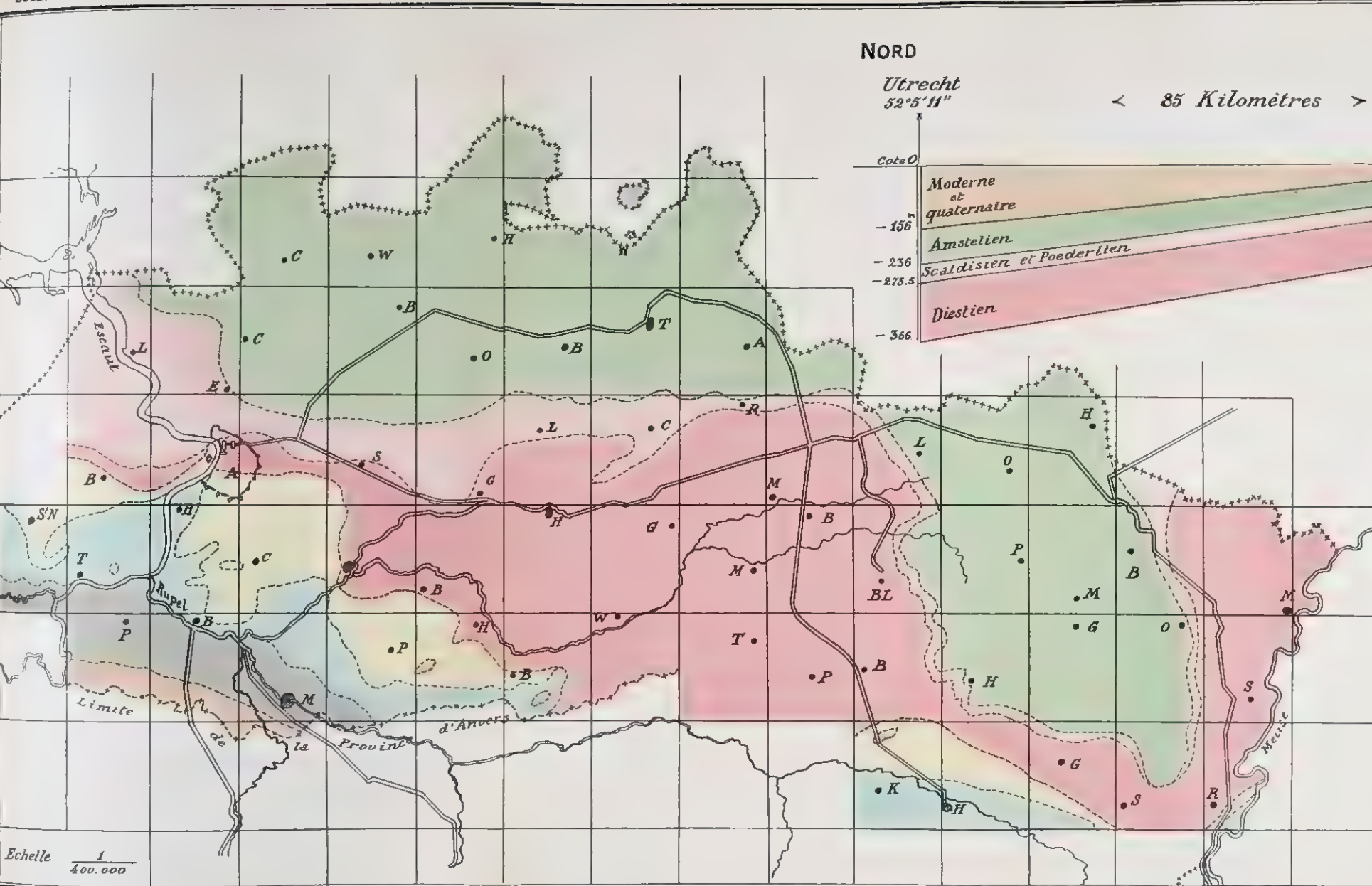
**Projet d'échelle stratigraphique des couches pliocènes
en Belgique.**

ÉTAGE AMSTELO-MOSÉEN (fluviatile).	|	Sables et argiles du faite de partage des bassins de la Meuse et de l'Escaut.
ÉTAGE POEDERLIEN (marin).	}	Sables à <i>Corbula gibba</i> , var. <i>rotundata</i> .
ÉTAGE SCALDISIEN (marin).	}	Cordon littoral à <i>Fusus contrarius</i> .
ÉTAGE DIESTIEN.	{	Sables à <i>Isocardia cor</i> (marin), etc. Région dunale de la Campine, Casterlé, etc. Facies lagunaire de Heyst-op-den-Berg. Sables à <i>Terebratula grandis</i> (marin).

Note. — On remarquera sur la carte accompagnant notre exposé le singulier affleurement en sous-sol de l'étage poederlien en Limbourg. Cet affleurement est le résultat des érosions quaternaires, qui ont recoupé plusieurs couches tertiaires, en laissant le plateau en pentes obliques Ouest-Est. Le fait n'est pas rare; les sables à *Isocardia cor* à la Tête-de-Flandre (Anvers) présentent le même phénomène; celui-ci est encore bien plus accentué dans les régions fortement ravинées.







NORD

Utrecht
52°5'11"

< 85 Kilomètres >

Cote 0

Moderne
et
quaternaire
- 156
Amstélien
- 236
Scaldisien et Poederlien
- 273.5
Diestien
- 366

Turnhout
51°19'16"

< 40 Kil. >

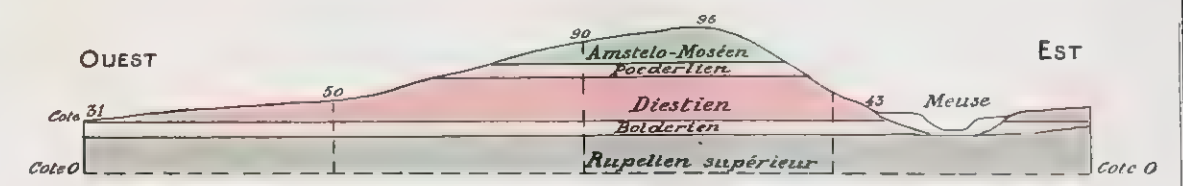
Cote 25

SUD

Plateau du Limbourg
par 50°57'

cote 96
Amstelo-Moséen
Poederlien
Diestien
Bolderien
Rup. sup.
Rup. inf.

Diagramme du Plateau du Limbourg par 51° 57'



Echelle { Hauteur 0.^m001 = 4 mètres
Longueur 0.^m01 = 2 kilomètres

CARTE GÉOLOGIQUE
de la province d'Anvers et du Limbourg
au nord du Démer

LÉGENDE

- | | |
|--|---------------|
| Amstelo - Moséen | Bolderien |
| Poederlien | Rupélien sup. |
| Scaldisien. (simple
ligne entre Po et D à Anvers) | Rupélien inf. |
| Diestien | Asschien |

Echelle 1
400.000

LE

TUF HUMIQUE OU ORTSTEIN

AUX POINTS DE VUE GÉOLOGIQUE ET FORESTIER

PAR

Robert BRADFER (1)

Ingénieur agricole et forestier,
Garde général adjoint des Eaux et Forêts.

AVERTISSEMENT.

Le travail que nous avons l'honneur de soumettre à la bienveillante appréciation des géologues, s'adresse essentiellement aux sylviculteurs et aux agronomes. C'est pourquoi nous avons considéré l'expression « tuf », non pas dans son sens ordinaire géologique, mais bien dans le sens, très différent, généralement adopté par les agronomes. Pour ce motif, nous ne faisons aucune allusion aux tufs volcaniques, aux tufs calcaires des sources ; nous donnons ici le nom de « tufs » à des roches formées sur place, mais que les géologues n'ont point l'habitude de considérer comme des tufs, telles, par exemple, que les grès diestiens, bruxelliens, etc.

Nous avons surtout étudié en détail « le tuf humique ou ortstein », banc qui, par sa dureté, sa continuité, son voisinage de la surface du sol, présente de grands obstacles à la végétation, surtout forestière, mais en nous plaçant, nous le répétons, au point de vue agronomique.

Il nous a semblé, cependant, que la question pourrait peut-être intéresser les géologues, le tuf humique étant une couche qui continue encore à se former de nos jours.

(1) Ce travail a été développé comme thèse devant le Jury chargé de délivrer le diplôme d'ingénieur forestier après la quatrième année, section des eaux et forêts, à l'Institut agricole de Gembloux. (Août 1902.)

Notre tâche a été facilitée par les savants conseils de MM. Stainier et Marcas, professeurs à l'Institut, à qui nous exprimons toute notre reconnaissance. Nous remercions également M. Dubois, garde général des Eaux et Forêts à Hasselt, qui nous a accompagné et nous a assisté dans les sondages.

SOMMAIRE :

- | | |
|--|---|
| I. QUELQUES MOTS SUR LES DIVERS TUFFS. | |
| II. QUESTION PROPREMENT DITE. | { 1 ^o L'ortstein se forme-t-il dans la zone de
balancement des nappes aquifères ?
{ 2 ^o Pourquoi l'ortstein se forme-t-il ?
3 ^o Remèdes à apporter. |
| III. HISTORIQUE DE LA QUESTION. | |

I. — Quelques mots sur les divers tufs.

Anciennement, on désignait sous le nom de tuf des roches dures, plus ou moins étendues en surface, plus ou moins épaisses, existant dans le sol meuble à des profondeurs variables, dont la formation était attribuée à la présence de matières ferrugineuses agissant comme ciment.

Aujourd'hui, on connaît plusieurs espèces de tufs. Ils présentent des points communs : ce sont des formations secondaires, dues à des cimentations de roches meubles, de sables. Dans ces formations, le ciment varie. Ainsi on distingue :

1^o Le *tuf ferrugineux*, qui porte en France le nom d'*alios*. Il existe en Belgique. Il est constitué par des grains de sable, cimentés par des matières ferrugineuses, provenant toutes ou presque toutes de l'oxydation de la glauconie.

Il se présente sous forme d'un grès ferrugineux, tantôt en masses considérables, plus ou moins disséminées dans les sables; tantôt sous forme de plaquettes, de nodules isolés; tantôt sous forme de blocs volumineux qui se réunissent et donnent naissance à des bancs très épais et continus; tantôt sous forme de poches. Il se trouve presque toujours dans les collines et n'a aucune relation avec les nappes aquifères actuelles, parce qu'il s'est formé chez nous lorsque le relief du sol était autre que celui qui existe de nos jours, c'est-à-dire quand les nappes avaient des positions différentes de celles d'aujourd'hui.

En Belgique, on le trouve dans les collines sableuses tertiaires, surtout dans le Bruxellien, le Ledien, l'Asschien, le Diestien. En Campine, il se rencontre dans les étages oligocène, miocène, pliocène (Diestien et Scaldisien), ainsi que dans les sables quaternaires provenant du remaniement des assises tertiaires. Il serait très riche en fer.

On en a exploité dans la forêt de Soignes comme minerai de fer, et en Campine dans le Scaldisien. A l'étranger, il est bien connu dans les Landes, dans les sables de Fontainebleau (1). Lorsque ce tuf est superficiel, continu, compact, il présente un obstacle insurmontable à la pénétration des racines, surtout à celles des arbres forestiers.

2° Le *tuf humique* ou *ortstein*, formé par des grains de sable cimentés par des matières organiques. Nous en parlerons en détail dans la deuxième partie de ce travail.

3° Le *tuf calcaire*, consistant en un banc blanchâtre, poreux, léger, formé par des grains de sable, des fragments de coquillages, cimentés par du calcaire. Il existerait en Belgique dans les dunes maritimes. Voici comment il se formerait : les eaux acidules (2) filtrent à travers le sable, y dissolvent le calcaire, qui s'y trouve sous forme de débris de coquillages, et arrivent au contact de la nappe aquifère, où se forme le tuf, dans la zone de balancement (?) (3). La nappe aquifère suit à peu près les ondulations du sol. Ces ondulations étant fortes dans les dunes, il en résulte qu'au centre le tuf se trouve à une profondeur de 10, 15, 20 mètres; sur les bords et dans les intervalles interdunaux, il est très près de la surface. Comme il est continu et résistant, il peut, quand il est superficiel, jouer un rôle néfaste sur la végétation forestière, empêcher la pénétration des racines, l'ascension de l'eau par capillarité, et, dans ce cas, il est nuisible, quelle que soit sa profondeur (4).

4° Le *tuf gypseux*. On le trouve surtout dans les régions désertiques, au Sahara, au Pérou, en Bolivie, en Californie, au Mexique. On peut le diviser en deux catégories : 1° le tuf profond; 2° le tuf superficiel.

Le premier est formé de sable souvent un peu argileux, cimenté par du gypse. Il est blanc, moyennement cohérent, d'épaisseur très

(1) Une analyse d'aliots de la forêt de Fontainebleau n'indique que 2 % de fer.

(2) Eaux pluviales chargées d'anhydride carbonique.

(3) On nomme zone de balancement des nappes aquifères, l'espace compris entre le niveau maximum et le niveau minimum de la nappe :

Niveau maximum.

Niveau minimum.

} Zone de
balancement.

Nappe aquifère.

(4) STAINIER, *Cours de Géologie* de quatrième année de sylviculture, à l'Institut de Gembloux, et *Monographie agricole de la région des dunes*, p. 10.

variable. Il se nomme « gassi » au Sahara. Les eaux pluviales, en descendant, entraînent le gypse disséminé dans le sable. Celui-ci vient se déposer au contact de la nappe aquifère, dit-on, tout en y cimentant les grains de sable. Il se forme un banc assez continu, mais local. Le gassi se trouve le plus souvent à une très faible profondeur, 0^m,50, 0^m,50; parfois il est à 5 ou 6 mètres. Dans les oasis, il nuit à la croissance du dattier, en empêchant celui-ci de s'alimenter à la nappe aquifère.

Le deuxième se forme à la surface du sol dans les déserts, surtout dans les parties argileuses. Il atteint 0^m,10, 0^m,20, 0^m,50 d'épaisseur. Il est constitué par du sable argileux aggloméré par du gypse. Dans d'autres cas, à la surface des terrains caillouteux, les cailloux sont cimentés en un véritable poudingue superficiel à ciment calcaro-gypseux.

Ce tuf est de formation récente, tandis que le précédent est de formation ancienne. Le *premier* est témoin d'une période pendant laquelle le désert recevait d'abondantes précipitations pluviales. Il devait donc se former en profondeur. Au contraire, le *deuxième* provient de ce que le climat actuel du Sahara est extrêmement sec, de ce qu'il y a excès d'évaporation sur les précipitations. Dans ces conditions, l'eau des nappes aquifères remonte presque continuellement par capillarité vers la surface. En montant, elle entraîne avec elle les matières solubles, qui viennent se précipiter à la surface. Ce banc formé, ne se redissout plus ou presque plus. En effet, ces masses sont solides et volumineuses, et l'attaque par les eaux pluviales est rendue difficile; l'eau de pluie pour les dissoudre n'a à sa disposition, lorsqu'elle arrive sur le sol, que l'anhydride carbonique de l'air, tandis que lorsqu'elle s'y enfonce, elle s'enrichit en gaz carbonique (1), ce qui augmente son pouvoir solubilisant; enfin, il y a excès de précipitation de ces matières par rapport à la dissolution : c'est pourquoi ce tuf continue à s'accroître.

5° Les *tufs latéritiques ou latérites* (2). Dans les régions équatoriales où il pleut beaucoup, on rencontre de vastes étendues de dépôts particuliers connus dans l'Hindoustan, à Java, en Afrique, en Amérique. Dans ces régions, on constate la présence de grands territoires de sols meubles, couleur rouge brique, ayant souvent 10 à 12 mètres d'épais-

(1) L'anhydride carbonique qui se trouve dans le sol provient surtout de la décomposition des matières organiques qui s'y rencontrent.

(2) *Later* en latin signifie *brique*. Ces tufs ont reçu cette dénomination par suite de leur couleur rouge brique.

seur. Ces sols sont abondamment imprégnés de fer, souvent de limonite (fer oxydé hydraté : $\text{Fe}^4\text{O}^9\text{H}^6$), parfois d'oligiste (fer oxydé : Fe^2O^3).

L'origine de ces formations doit être recherchée dans les abondantes précipitations pluviales de ces régions équatoriales, et dans la température très élevée de ces pluies. De plus, celles-ci sont très riches en gaz : en oxygène, et surtout en gaz azoteux. Par conséquent, ces eaux décomposent fortement les roches. Les matières ferrugineuses sont peroxydées et prennent une teinte rouge.

Le mouvement des eaux pluviales y détermine la formation de tufs d'aspect et de situation très variables. Ceux-ci sont toujours superficiels. Tantôt ils sont directement à fleur de terre, sous forme de rochers à aspect scoriacé, caverneux, brun foncé. D'autres fois, ce sont des masses, des cailloux, des plaquettes de minerai de fer, parfois d'une grande pureté, aux formes mamelonnées, jonchant le sol. Dans d'autres cas, ce sont des sables, des graviers ou des cailloux cimentés en une sorte de poudingue ou de grès ferrugineux, formant des bancs plus ou moins considérables.

Ces tufs, plus ou moins superficiels, sont généralement destinés à arriver plus ou moins vite à la surface. L'érosion, si active dans ces régions, entraîne les particules sableuses ou argileuses qui les enveloppent, et ils restent déchaussés et isolés à fleur de terre. En se soudant les uns aux autres, ils forment des rochers. — Ces tufs sont essentiellement superficiels et cependant il pleut beaucoup. Mais, dans ces régions, il y a une saison sèche très continue. C'est pendant cette saison que l'ascension des eaux profondes entraîne le fer disséminé, l'amène à la surface du sol et l'y précipite, l'y dépose, sous forme de roche dure plus ou moins volumineuse. Une fois formées, ces roches ne peuvent plus être dissoutes totalement pendant la saison pluvieuse. Quant aux blocs enfouis plus ou moins profondément, il est probable qu'ils sont dus à un commencement de formation de tuf profond, qui se produirait pendant les saisons intermédiaires.

II. — Question proprement dite.

Nous allons parler maintenant des excursions que nous avons faites dans le cantonnement forestier de Hasselt et des endroits où nous avons rencontré le tuf humique.

Partout où ce banc se rencontre, aussi bien en Campine qu'à Villers-

la-Ville (4), on trouve la succession des couches suivantes (fig. 1) (2) :

1° La couche végétale couverte de bruyère, formée d'un sable blanchâtre et de matières organiques. Elle a une couleur gris foncé;

2° La couche de sable gris, ne différant de la précédente que par sa couleur plus claire et par une plus faible teneur en matières organiques;

3° Le tuf humique ou ortstein;

4° Le sable jaune.

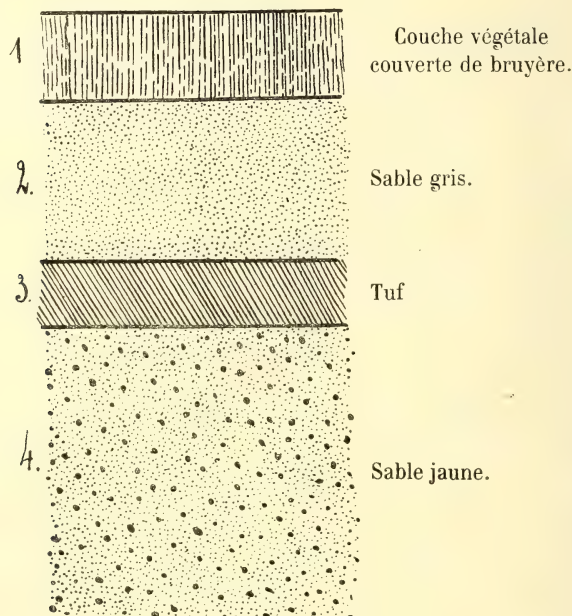


FIG. 1.

Il y a ici un fait frappant : c'est que le tuf humique se rencontre toujours au contact du sable jaune.

(1) Faisons remarquer qu'à Villers-la-Ville, dans la propriété de M. Boël, où existe le Bruxellien, nous trouvons également du tuf humique, exactement comme dans le cantonnement de Hasselt. L'alternance des couches est identique à celle que nous signalons pour la Campine.

(2) Dans les figures 1, 3, 4, 6, 7, nous n'avons pas représenté de la même façon le sable jaune et le sable gris. Toutefois la différenciation matérielle des figurés du sable jaune et du sable gris n'est pas une différenciation dans la nature lithologique, mais simplement dans la couleur.

Sur la carte de la figure 2 se trouve indiqué, par des pointillés et des flèches, le chemin que nous avons suivi, afin de rechercher la présence du tuf et l'épaisseur des diverses couches :

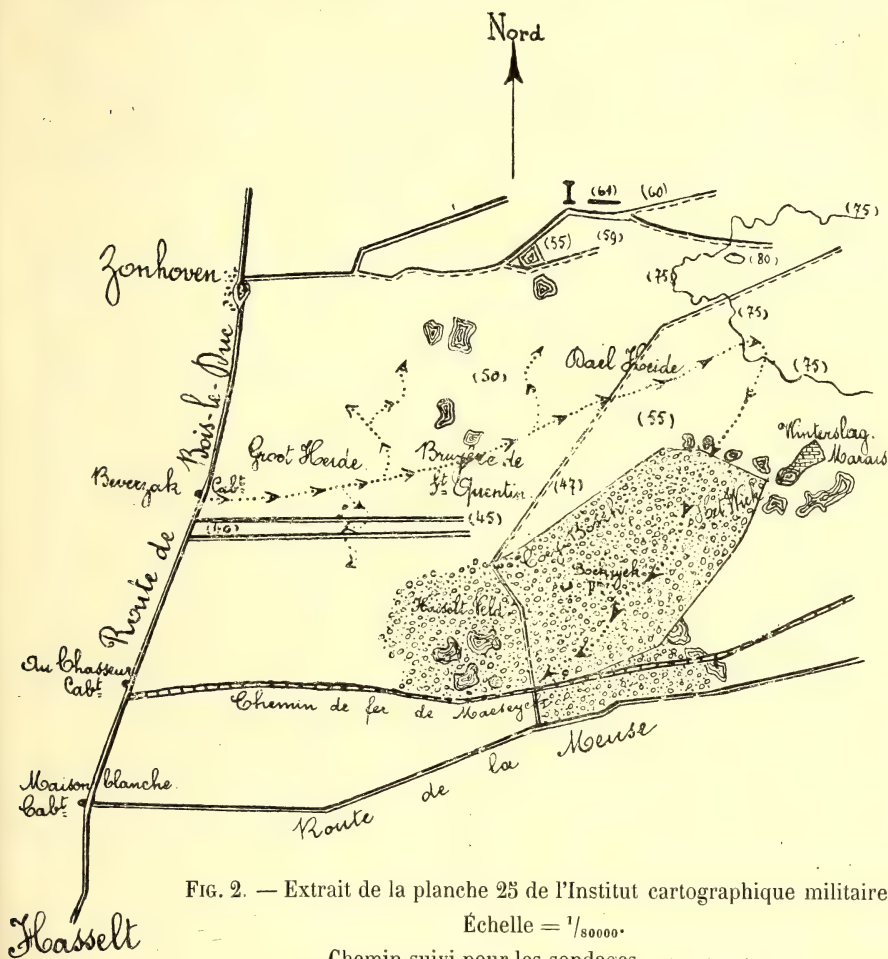


FIG. 2. — Extrait de la planche 25 de l'Institut cartographique militaire.

Échelle = $\frac{1}{80000}$.

Chemin suivi pour les sondages → → → →

Voici la moyenne obtenue :

1 ^o COUCHE VÉGÉTALE COUVERTE DE BRUYÈRE.	2 ^o SABLE GRIS.	3 ^o TUF.	4 ^o SABLE JAUNE.
0 ^m ,08	0 ^m ,15	0 ^m ,06	Sous le tuf.

L'endroit où nous avons rencontré le tuf à la plus grande profondeur se trouve sur la crête de partage de la Meuse et de l'Escaut, à la cote 75. Il était à 0^m,60, mais toujours au contact du sable jaune. Cependant, en moyenne, il ne dépasse pas en cet endroit 0^m,25 à 0^m,30.

La ligne marquée I sur la figure 2 représente une longueur de 100 mètres, orientée de l'Ouest à l'Est, suivant laquelle, tous les 5 mètres, nous avons fait des trous de sondage pour mesurer l'épaisseur des diverses couches. Nous avons obtenu :

	COUCHE VÉGÉTALE.	SABLE GRIS.	TUF.	SABLE JAUNE.
N ^o 1	0 ^m ,05	0 ^m ,40	0 ^m ,03	Sous le tuf.
» 2	0,02	0,10	0,06	
» 3	0,08	0,40	0,06	
» 4	0,02	0,41	0,06	
» 5	0,02	0,43	0,08	
» 6	0,03	0,45	0,08	
» 7	0,08	0,48	0,05	
» 8	0,04	0,45	0,06	
» 9	0,07	0,47	0,06	
» 10	0,08	0,42	0,06	
» 11	0,04	0,42	0,06	
» 12	0,08	0,45	0,06	
» 13	0,08	0,45	0,06	
» 14	0,07	0,42	0,06	
» 15	0,11	0,41	0,06	
» 16	0,11	0,41	0,06	
» 17	0,11	0,41	0,07	
» 18	0,10	0,48	0,06	
» 19	0,09	0,48	0,06	
» 20	0,08	0,42	0,06	

La figure 3 représente l'allure des diverses couches suivant cette longueur. La différence de niveau d'un bout à l'autre est environ 6 mètres.

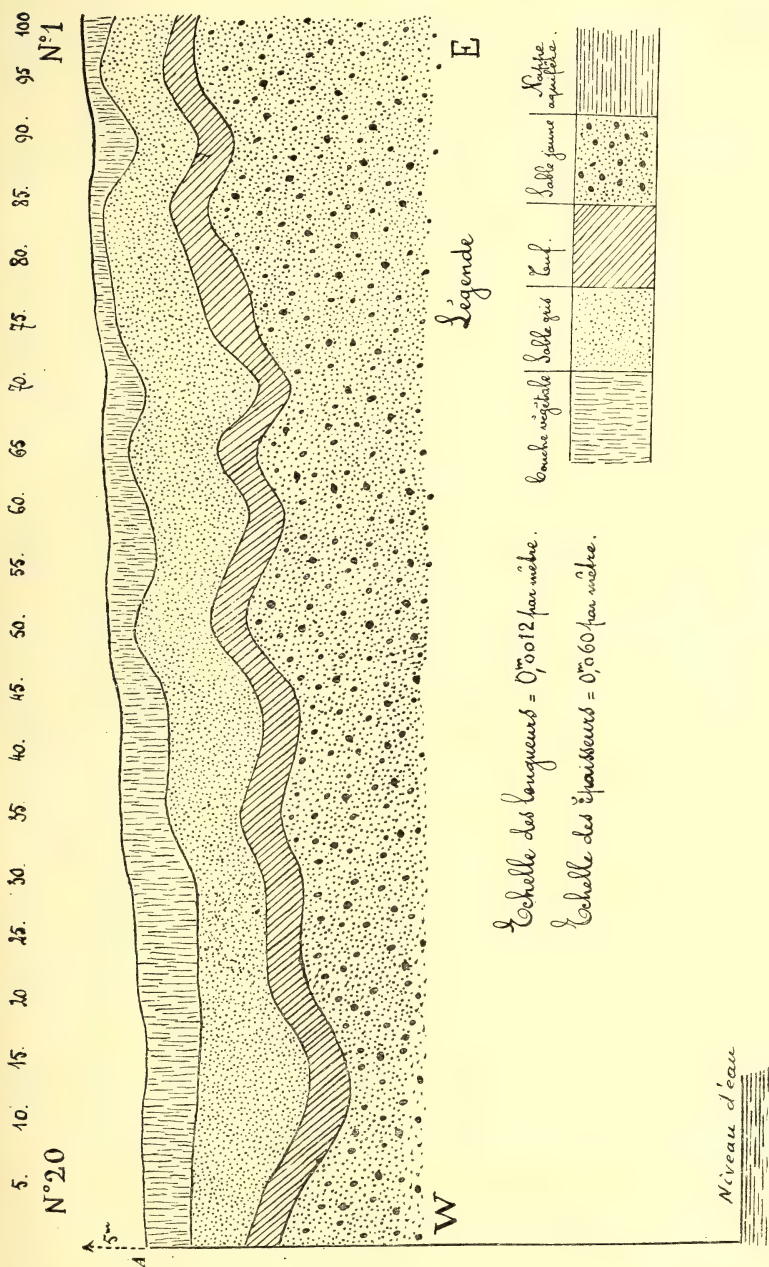


FIG. 3.

Si l'on examine attentivement cette coupe, on voit que toutes les ondulations que fait le banc de tuf sont celles du sable jaune, de la couche supérieure de sable gris et également de la partie superficielle du sol. Il est donc certain que, dans cette formation, une grande place doit être attribuée aux phénomènes d'altération des roches et aux phénomènes d'infiltration (1).

En effet, il est probable que, primitivement, toute l'épaisseur de la couche n'était que du sable jaune, c'est-à-dire ferrugineux. Mais la richesse en fer devait varier d'un point à l'autre; de même le tassement devait être différent d'un endroit à l'autre.

Dans la coupe (figure 3), nous remarquons des ondulations dans toutes les couches superposées. On peut se les expliquer ainsi : là où le tuf est plus bas et forme cuvette, celle-ci est répétée dans le sable gris et la couche végétale. L'eau, en tombant, s'est donc accumulée dans ces dépressions de la partie superficielle du sol; en descendant dans la terre, elle y a produit un lavage beaucoup plus énergique que dans les endroits voisins où n'existaient pas ces dépressions. De là nous concluons :

1° Que l'eau a entraîné plus profondément les matières dissoutes;

2° Que dans ces endroits il se peut aussi que le sable ait été moins tassé. Donc l'infiltration y est devenue d'autant plus facile;

3° Il est également certain que la richesse en fer du sable jaune, comme en tous autres éléments, n'est pas constante dans une même couche. Là où il y avait moins de fer, par exemple, l'eau de pluie chargée d'anhydride carbonique, d'acides humiques et ulmiques provenant de la couche végétale, pouvait donc entraîner plus bas les matériaux qu'elle avait dissous.

Ce qui sert encore à prouver ces faits, c'est la coupe représentée dans la figure 4, dont la disposition se rencontre très fréquemment. On voit que le tuf se présente sous forme de poches ressemblant aux poches phosphatées. L'infiltration des matières entraînées par la pluie a donc été plus forte dans ces endroits que dans les parties voisines, et cela pour les raisons que nous avons données plus haut.

Avant de répondre aux trois questions que nous nous sommes posé dans le sommaire, voyons, en quelques mots, ce que c'est que l'ortstein ou tuf humique : il résulte de la cimentation de grains de sable ferru-

(1) VAN DEN BROECK, *Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels par l'infiltration des eaux météoriques*, 1881, pp. 35 à 53, surtout pp. 49 et 50 pour ce qui concerne l'alios.

gineux par des matières organiques, donnant naissance à un banc continu, compact, imperméable, peu profond généralement. Il se forme surtout dans les plaines basses et humides. Il est brun-noir, et ressemble même à l'aliôs à cause du fer qu'il contient et qui lui communique une teinte rougeâtre (1).

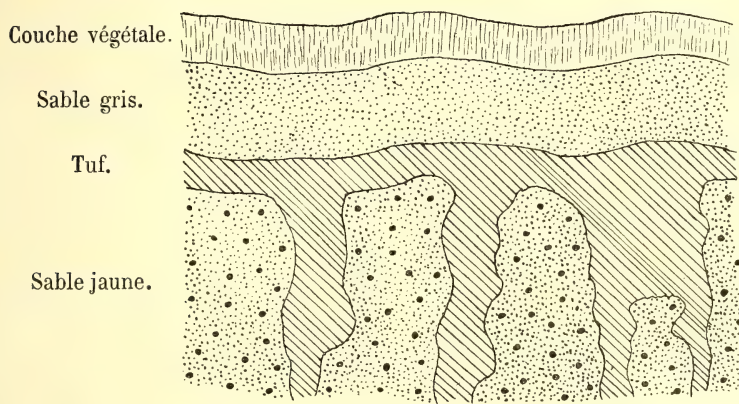


FIG. 4.

A cause de ce fait, d'être continu, compact, peu profond et en général imperméable, le tuf humique nuit à la végétation forestière. De plus, il joue un autre rôle : il retient les eaux à sa surface et provoque ainsi un état marécageux du sol.

1° LE TUF HUMIQUE SE FORME-T-IL DANS LA ZONE DE BALANCEMENT DES NAPPES AQUIFÈRES?

S'il se forme, comme on le dit, dans la zone de balancement, il doit avoir une épaisseur moindre dans les grandes plaines que dans les collines, parce que, dans les grandes plaines, les nappes aquifères ne présentent pas d'aussi grandes oscillations que dans les parties élevées. Or, dans toutes les mesures que nous avons prises, il présentait partout la même épaisseur et souvent même le banc était plus épais en plaines qu'en collines.

(1) Les parties supérieures du banc sont plus foncées, plus noires, que les inférieures, qui sont plus rougeâtres par suite d'une teneur un peu moindre en matières organiques.

2° Dans la coupe représentée dans la figure 3, en faisant une tranchée sous le tuf au point le plus bas A, la nappe aquifère se trouvait encore à 0^m,80 sous le tuf. En supposant que ce soit là le point le plus bas de la nappe [les sondages étaient faits en hiver (1)], le tuf devrait donc occuper l'espace compris entre ce point le plus bas et sa partie supérieure, c'est-à-dire qu'il devrait avoir une épaisseur de 0^m,80. Or il n'avait que 0^m,06 à 0^m,08 (2), comme tout le long de la tranchée du reste.

D'ailleurs, une oscillation de 0^m,80 dans les sables de la Campine serait énorme, puisque la moyenne d'eau tombée n'y est que de 0^m,70.

3° Si le tuf se forme dans la zone de balancement, comment expliquer la figure 4, c'est-à-dire la formation de poches? En oscillant, la nappe ne peut faire toutes ces sinuosités en vertu des lois de l'équilibre.

4° Pourquoi, dans les sondages faits sur les points les plus élevés de cette région, avons-nous trouvé le tuf humique à la même profondeur (parfois plus profond cependant) que dans les plaines? Sans doute, la nappe aquifère suit à peu près les ondulations du sol. Mais la zone de balancement devrait y être très grande si le tuf s'y formait réellement, puisqu'il se trouve très près de la surface. De plus, la couche de tuf devrait y être très épaisse. Or, c'est à peine s'il y avait 0^m,06.

Donc l'ortstein ne se forme pas dans la zone de balancement.

2° COMMENT SE FORME L'ORTSTEIN?

Pour résoudre cette question, nous avons eu recours : α . à l'analyse chimique des diverses couches, ce qui nous a permis de donner au sujet de cette formation une explication théorique; ensuite, β . nous avons soumis celle-ci au contrôle de l'expérience.

α . Analyses.

Nous avons fait de nombreuses analyses des différentes couches et voici les résultats obtenus. Ils portent sur des échantillons moyens. (Nous avons suivi les méthodes conventionnelles pour l'analyse des terres.)

(1) Voir page 269 ce que nous avons dit concernant la zone de balancement. Ce serait en hiver que les nappes aquifères seraient le plus basses.

(2) Tableau p. 274.

		COUCHE VÉGÉTALE.	SABLE GRIS.	TUF.	SABLE JAUNE.
% de matières sèches.	Eau	8.55 %	1.4 %	3.9 %	0.99 %
	Matières organiques . . .	4.56	1.31	3.5 à 4.3	Pas de radicelles. 0.
	Azote total	0.1626	0.089	0 07209	Traces.
	Azote ammoniacal. . .	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.
	Azote nitrique	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.
	Chlore	0.0029	0 002	0.002	Traces.
	Acide phosphorique total.	0.0061	0.006	0.083	0.009
	Oxydes de fer et d'alumine.	0.19	0.085	0.810	0.730
	Chaux	0.07	Traces.	0.17	Traces.
	Acide sulfurique (Sulfates)	0.0626	0.062	0 069	Traces.
	Potasse	0.01	0.01	0.02	0 03
	Silice totale	94 à 95	96 à 98	95 à 96	96 à 98

Quelles conclusions tirer de ces analyses ?

1° Nous voyons que c'est à juste titre que le tuf a été nommé « la caisse d'épargne de la bruyère ». En effet, il renferme une grande proportion d'acide phosphorique. Aussi, depuis longtemps, les cultivateurs allemands l'ont-ils employé, après pulvérisation, pour le répandre sur leurs champs.

Il est également riche en chaux et en potasse. En somme, c'est dans ce banc que sont venus se localiser les principes fertilisants enlevés aux autres couches par les eaux pluviales.

2° La couche végétale est pauvre si nous la comparons au tuf. Et il faut bien noter que si nous lui trouvons à l'analyse une richesse relative en chaux, ceci est dû surtout aux nombreuses racines de bruyère, aux débris végétaux qu'elle contient.

3° Quant au sable gris, c'est une couche stérile. Elle est constituée, en majeure partie, par de la silice pure, colorée en gris par un peu de matière organique. Aussi, lorsque l'on calcine du sable gris pour rechercher la matière organique, il ne reste que du sable blanc dans la capsule en platine.

Remarquons aussi sa faible teneur en fer et alumine, ainsi que celle de la couche végétale dans les mêmes éléments. Ce fait est très important pour se rendre compte du mode de formation du tuf.

4° Le sable jaune se caractérise par sa grande richesse en oxydes de fer et d'alumine, mais surtout en fer (1).

Aussi pouvons-nous tirer les importantes conclusions suivantes, expliquant la formation de l'ortstein : Nous voyons que la couche végétale est très riche en matières organiques et que le tuf en renferme à peu près la même proportion. Elle a une réaction acide, par suite de la présence de la bruyère et de la pauvreté de cette zone en corps neutralisants : chaux, potasse, fer, alumine. De plus, ces terrains sont souvent en plaines basses, humides, marécageuses, fréquemment recouvertes d'eau. Dans ces conditions, il ne peut se former que du terreau acide. Quand il pleut, l'eau entraîne avec elle les acides organiques qui se sont formés, ainsi que de fines particules d'humus que l'on retrouve dans le tuf. Ne rencontrant dans la couche végétale et le sable gris qu'une très faible proportion de chaux, de potasse, de fer, il est évident que cette solution acide va les dissoudre et les entraîner avec elle (2), et qu'elle ne sera pas neutralisée. Mais elle arrive au contact du sable jaune, très riche en fer. Naturellement, il va se produire une précipitation des acides organiques, c'est-à-dire une neutralisation de ceux-ci par le fer. Ainsi se forme le tuf humique, et c'est ce qui explique : 1° pourquoi on le trouve toujours au contact du sable jaune; 2° pourquoi il est aussi riche et même un peu plus riche en fer que celui-ci.

En résumé donc, nous avons une solution d'acides organiques qui descendent dans le sol et ne se précipitent que lorsqu'ils rencontrent un corps neutralisant, c'est-à-dire le fer.

Maintenant, on peut se demander pourquoi la couche végétale et le sable gris sont si pauvres en chaux, potasse, fer. Nous nous l'expliquons de deux façons :

1° Sur ces terrains, en général bas, couverts de bruyères, souvent inondés, il ne peut se former que du terreau acide. Petit à petit donc, il s'est produit une dissolution et un entraînement de ces bases en profondeur, et ces couches ont perdu leur richesse primitive.

2° Le tuf humique ne serait-il pas un banc mobile, c'est-à-dire ne

(1) Dans les 0.810 % attribués aux oxydes de fer et d'alumine dans le tableau d'analyses, la plus grande part revient à l'oxyde de fer.

(2) En effet, ces éléments : chaux, potasse, fer, etc., sont en trop faible quantité pour précipiter les acides qui sont surabondants. Ils seront donc dissous par eux. D'autre part, un acide ne peut exister à l'état libre en profondeur.

descendrait-il pas petit à petit en profondeur ? Il est probable, en effet, que primitivement tout le sable était jaune, c'est-à-dire ferrugineux. Par suite du lavage des eaux pluviales et de la grande facilité de pénétration qu'elles ont dans ces sols, le fer aura été entraîné en profondeur, ainsi que les autres bases ; et actuellement ce lavage doit continuer, puisque l'eau de pluie chargée d'acides traverse toute la couche végétale et le sable gris, où elle ne rencontre qu'une proportion insuffisante de corps neutralisants. Elle arrive alors avec toute sa force solubilisatrice jusqu'au contact du tuf, et redissout, par exemple, du fer, de la chaux. Mais la solution ainsi formée rencontrant de nouveau en dessous le fer des parties inférieures du banc de tuf et de la couche de sable jaune, il se reproduit une précipitation des acides organiques et de tout ce qu'ils tenaient en suspension.

Pour résoudre la question, il faudrait examiner la profondeur à laquelle se trouve actuellement un banc de tuf, puis mesurer derechef cette profondeur dans quinze ou vingt ans, car cette descente, si elle existe, est très lente.

Ce qui nous fait émettre cette idée, c'est que depuis que l'on parle du tuf humique, on lui donne toujours la même épaisseur : 0^m,06 à 0^m,10 (sauf naturellement dans les endroits où il forme des poches). Or, il est évident que puisqu'il continue à se former de nos jours, puisque, d'autre part, il y a continuellement arrivée d'acides organiques, ceux-ci, venant se précipiter, devraient épaissir le banc (1).

β. *Expériences* (2).

I. Nous avons pris une série de neuf tubes disposés en batterie, fermés à la partie inférieure par un bouchon percé d'une petite ouverture pour permettre à l'eau de s'écouler. Celle-ci était reçue dans un vase de verre. L'eau du vase représentait la nappe aquifère.

(1) Nous avons vu que le tuf humique est très riche en acide phosphorique. A ce propos, voici une expérience que nous avons faite au laboratoire : Dans un tube ouvert aux deux extrémités, nous avons mis une certaine quantité de la terre végétale des bruyères de Campine et nous avons lavé : 1^o avec de l'eau de pluie : celle-ci a coulé complètement blanche au bas du tube ; 2^o ajoutant du phosphate de soude à l'eau de pluie, il s'est écoulé un liquide complètement noir ; 3^o renouvelant l'expérience dans le même tube avec de l'eau additionnée de citrate ammonique, il y a eu de nouveau écoulement d'un liquide noir. On peut donc se demander si l'acide phosphorique n'a pas joué un grand rôle dans la formation du tuf, en favorisant la descente des acides organiques.

(2) M. Marcas, professeur de chimie à l'Institut agricole de Gembloux, a contrôlé toutes ces expériences.

L'arrosage se faisait par le dessus, à l'aide de ballons disposés de façon à ne laisser tomber l'eau que goutte à goutte (trois ou quatre gouttes par minute) pour imiter la pluie (fig. 5).

Voici ce que contenaient les différents tubes (en allant de gauche à droite).

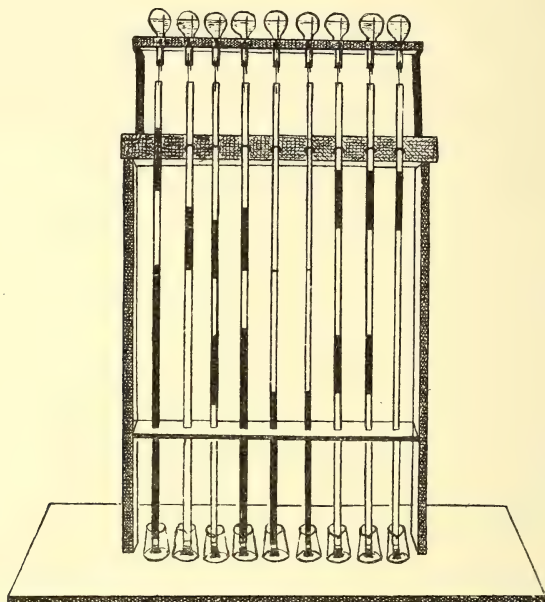


FIG. 5.

1^{er} tube. Au bas, sable jaune sur une épaisseur de 0^m,50. Au-dessus, 0^m,15 de sable gris. Au-dessus, 0^m,08 de couche végétale. Ce tube réalisait les conditions naturelles. Il a été arrosé avec de l'eau de pluie, en quantité égale à celle qui tombe pendant cinq ou six ans en Campine. (Comme tous les autres tubes.)

2^e tube. A la partie inférieure, du sable gris sur une hauteur de 0^m,50. Au-dessus, 0^m,08 de couche végétale. Arrosé avec de l'eau de pluie. C'était un tube témoin du premier.

3^e tube. Sable gris à la partie inférieure : 0^m,20. Au-dessus, un mélange de sable gris et de colcotar, 0^m,10 (1). Au-dessus, 0^m,15 de sable gris. Enfin 0^m,08 de couche végétale. Arrosage à l'eau de pluie.

4^e tube. Au-dessous, 0^m,30 de sable jaune. Au-dessus, 0^m,10 de sable gris mélangé à du colcotar. Au-dessus, 0^m,10 de sable gris mélangé à

(1) Le colcotar (Fe_2O_3) est du sesquioxyde de fer obtenu par calcination du sulfate ferreux.

du phosphate de chaux. Enfin, 0^m,08 de couche végétale. Arrosage avec eau de pluie.

5^e tube. 0^m,30 de sable jaune. 0^m,20 de sable gris au-dessus. Pas de couche végétale, mais arrosage avec eau de lavage du tuf, c'est-à-dire avec une eau riche en matières organiques.

6^e tube. Les mêmes couches lavées avec de l'eau de lavage de sable gris, additionnée de phosphate de soude.

7^e tube. 0^m,30 de sable pur blanc. Au-dessus, 0^m,10 d'un mélange de sable pur et de phosphate ferrique. Au-dessus, 0^m,20 de sable pur ; 0^m,08 de couche végétale. Lavage à l'eau de pluie.

8^e tube. 0^m,30 de sable blanc. 0^m,10 d'un mélange de sable blanc et de colcotar. 0^m,20 de sable blanc. 0^m,08 de couche végétale. Arrosage avec eau de pluie.

9^e tube. 0^m,60 de sable blanc. 0^m,08 de couche végétale. Lavage à l'eau de pluie.

Buts de cette expérience.

Le premier tube représente la succession des couches, telles qu'elles se trouvent là où existe le tuf. Il fallait donc que celui-ci se formât au contact du sable jaune, c'est-à-dire ferrugineux, puisque, théoriquement, nous l'avons vu, le fer est la cause de cette formation.

2^e tube. Le sable jaune a été éliminé, puisque, d'après les analyses, c'est à lui que le tuf doit son origine.

3^e tube. Il avait pour but de montrer que c'était le fer qui jouait le grand rôle.

4^e tube. Bien qu'il y eût du fer dans l'une des couches, la précipitation des acides organiques ne pouvait se faire à cause de la chaux du phosphate de chaux.

5^e tube. Nous y retrouvons à peu près les conditions naturelles. Sans doute, la couche végétale a disparu, mais nous la remplaçons par l'eau de lavage du tuf, c'est-à-dire par une eau chargée d'acides organiques.

6^e tube. Ce tube devait servir à montrer l'entraînement de la matière organique par l'acide phosphorique, qui devait hâter par suite la formation du tuf.

7^e tube. Les deux éléments principaux du tuf ont été réunis.

8^e tube. Nous retrouvons encore le fer.

9^e tube. Il n'y a que de la silice pure ; par conséquent, aucun élément ne se trouve là pour précipiter les matières organiques venant du lavage de la couche végétale.

Résultats obtenus.

Dans le premier tube, une zone noirâtre, très nette et très visible, s'est formée au contact du sable jaune. Elle a 1 centimètre d'épaisseur. Il est évident que cette couche contient les éléments du tuf : silice, fer, matières organiques, acide phosphorique, etc. (1). Mais la couche végétale étant très pauvre en acide phosphorique, il est certain que dans l'anneau noir formé, cet élément se trouve en proportion bien inférieure à celle du tuf.

2^e tube. Rien ne s'est formé.

3^e tube. Rien ne s'est formé. Ici, faisons remarquer, ce qui est très important, que le fer dans ce tube se trouvait sous un état très différent de celui que l'on rencontre dans le sable jaune de Campine. De plus, par suite du petit diamètre des tubes, il y avait un écoulement trop rapide de l'eau de lavage, qui ne se chargeait donc pas bien de matières organiques. D'autre part, l'expérience peut réussir en la continuant. En effet, ce n'est pas en quatre mois qu'il est possible de faire ce que la nature fait en trente, quarante ans et plus.

4^e tube. Rien ne s'est formé.

5^e tube. Rien ne s'est formé et nous l'expliquons par l'observation faite pour le 3^e tube.

6^e tube. Il s'est formé un anneau très foncé et de plusieurs centimètres d'épaisseur, au contact du sable jaune. En continuant le lavage, il s'est produit au bas du tube un écoulement de liquide complètement noir et un entraînement de matières organiques, ce que nous attribuons à la présence du phosphate de soude dans l'eau de lavage.

7^e tube. Un ruban noir très visible, de quelques millimètres d'épaisseur, s'est formé dans la couche contenant le phosphate ferrique.

8^e tube. Rien ne s'est formé.

9^e tube. Rien ne s'est formé.

II. Ces résultats n'étant pas assez convaincants, nous avons entrepris une autre expérience, qui a été tout à fait concluante. Dans une éprouvette (fig. 6), nous avons mis :

1^o Au fond, une couche de sable jaune de Campine ;

2^o Au-dessus, du sable gris ;

3^o Au-dessus, la couche végétale.

(1) Les formations que nous considérons comme le tuf, dans nos expériences, seront analysées dès que celles-ci seront terminées

Nous avons alors arrosé avec de l'eau de tourbière (1). Il n'y avait ici aucun écoulement, mais un contact prolongé de l'eau avec les diverses couches. Cette eau, déjà riche en acides organiques, en a encore repris à la couche végétale. Aussi, au contact du sable jaune, s'est-il formé une couche de 1 centimètre d'épaisseur, noir rougeâtre, que nous considérons comme le tuf et qui sera analysée.

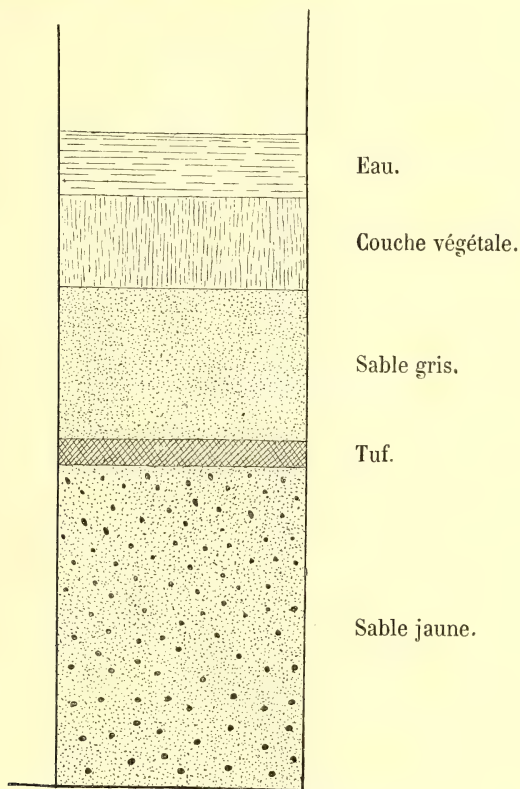


FIG. 6.

III. Nous avons renouvelé cette expérience. Pour cela, nous avons remplacé les mêmes couches également dans une large éprouvette (fig. 7) de 0^m,50 de haut et 0^m,10 de diamètre. Le sable jaune a été tassé irrégulièrement. L'arrosage s'est fait comme dans la seconde expérience, en ajoutant quelques gouttes de phosphate de soude à l'eau de lavage. Au début, il s'est produit une décoloration de la partie supérieure du sable jaune et de petites poches. Puis la zone s'est foncée de plus en plus et est devenue brunâtre.

(1) Filtrée pour enlever toute particule solide.

IV. Dans une éprouvette semblable, nous avons mis une hauteur de 0^m,20 environ d'eau de tourbière préalablement filtrée. Puis nous avons versé quelques centimètres cubes de perchlorure de fer très limpide. Il s'est formé un abondant précipité ferrugineux, rougeâtre.

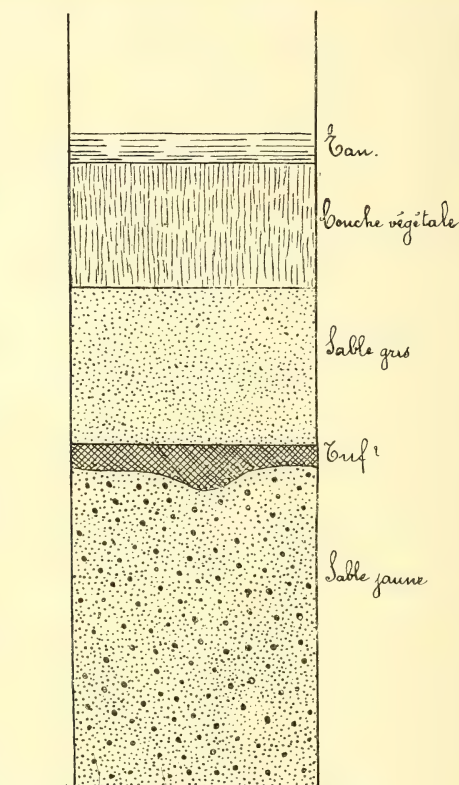


FIG. 7.

CONCLUSION. — Donc, d'après nos explications théoriques et nos expériences, la formation de l'ortstein est due à la présence du fer dans le sable jaune surtout; d'autre part, aux acides organiques venant du lavage des couches supérieures.

III. — Remèdes à apporter pour combattre le tuf.

1° De ce qui précède, il ressort que cette formation est due à la trop grande acidité du terrain et à l'absence absolue, dans les couches supérieures, de corps neutralisants, tels que la chaux, la potasse. Par conséquent, le premier remède à apporter, c'est l'assainissement du sol. L'as-

sainissement a pour but de débarrasser la couche superficielle de son excès d'humidité.

Les canaux d'assainissement, creusés dans le sens de la déclivité du sol, et distants les uns des autres de 4 ou 5 mètres, seront plus ou moins profonds, suivant que la couche de tuf sera plus ou moins éloignée de la surface.

Leur grand avantage, c'est d'éviter la stagnation de l'eau qui provoque la formation d'un terreau acide (1); de plus, ils favorisent énormément la végétation forestière. D'autre part, le tuf jouant souvent le rôle de couche imperméable, en creusant des fossés dont le fond se trouvera plus bas que la partie inférieure du banc, on y accumulera presque toutes les eaux et on fera disparaître l'état marécageux du sol. Enfin, les eaux, n'ayant plus qu'un très court contact avec la couche végétale, ne pourront plus se charger d'acides organiques.

2° Les *engrais chimiques* ont un grand rôle à jouer dans les reboisements de la Campine, surtout les scories, le phosphate minéral et la chaux, et même les engrais potassiques. Si la chaux existait dans les sols des régions à ortstein, on n'aurait pas à redouter la descente en profondeur des acides organiques, puisqu'ils trouveraient immédiatement un neutralisant. De plus, pour mettre en valeur ces sols, il faut absolument leur rendre les éléments qu'ils ne possèdent plus.

3° Le *défoncement du tuf* sera un excellent remède. Si l'on se reporte au tableau donné précédemment (pages 273 et 274), on constate que le tuf se trouve presque partout à une faible profondeur. Si nous le ramenons à la surface, il va se déliter et rendre au sol tous les éléments qu'il lui a pris, surtout l'acide phosphorique. En brisant cette couche et en la ramenant à la surface, nous allons permettre aux racines des végétaux de se développer librement. Remarquons que dans les sols fortement en pente, il faudra se borner à défoncer simplement par bandes, comme on l'a d'ailleurs fait dans certains bois communaux d'Eygen-Bilsen. Là, le défoncement s'est fait sur des bandes de 0^m,40 à 0^m,50 de largeur, alternant avec des bandes incultes de 0^m,60, avec application de 1 000 à 1 200 kilogrammes de scories, 3 à 400 kilogrammes de kainite (2) à l'hectare.

Quant à la bruyère qui se trouve à la surface de ces sols, il faudra

(1) La matière organique, en se décomposant sous l'eau, c'est-à-dire à l'abri de l'oxygène de l'air, donne naissance à du terreau acide.

(2) La kainite est un sulfate double de potasse et de magnésie hydraté, renfermant aussi du chlorure de magnésie (SO^4K^2 , SO^4Mg , MgCl^2 , 6 aqua). On l'emploie comme engrais potassique.

éviter de l'enfouir, car elle ne se décomposerait pas. De plus, elle soulève le sol et le dessèche, et quand les racines d'un arbre arrivent à son contact, elles en souffrent énormément. Il serait préférable de l'incinérer à la surface.

4° Le *reboisement* sera un des meilleurs remèdes. Il ne faudra pas reboiser exclusivement en résineux, car leur litière, en se décomposant, donne un terreau acide. Mais on fera des mélanges de résineux et de feuillus. Ceux-ci donneront une litière qui viendra tempérer l'acidité de celle des résineux.

Comme essences résineuses, nous avons le *pin sylvestre*, le *laricio de Corse*, le *pin maritime*, le *pin de Bank*, le *Weymouth*, le *mélèze*; peut-être un peu de *sapin argenté*.

Comme essences feuillues, il faudra, au principe, en choisir qui conviennent à ces sols pauvres. Ces essences auront le couvert épais pour protéger convenablement le sol contre la sécheresse et pouvoir vivre sous le couvert des pins que l'on installera en premier lieu. Les essences à conseiller sont : le *charme* s'il peut venir; le *coudrier* pour les parties argileuses et humides, le *saule marsault*, le *chêne d'Amérique*, le *châtaignier* qui, comme le précédent, supporte le couvert et donne une litière excellente et abondante; le *Prunus serotina*, qui donne un bon terreau, est résistant dans cette région et rejette bien de souche.

5° *Après assainissement et défoncement, une bonne pratique consisterait en une culture agricole.* Un bon assolement à adopter serait le suivant : 1^{re} année, lupin à enfouir en août; 2^e année, pomme de terre; 3^e année, seigle ou avoine avec chaulage (1). Le lupin est appelé à donner de bons résultats en Campine. En effet, c'est une plante à racines profondes, qui s'étendra au loin dans le sol pour y chercher sa nourriture. Enfoui, il constituera une masse de matière verte, qui, en se décomposant, nous donnera un bon humus doux. Celui-ci rendra de la cohésion au sable et sera une source de fraîcheur. De plus, le lupin est une légumineuse, c'est-à-dire une plante fixatrice d'azote. On sèmera 100 à 125 kilogrammes de lupin jaune à l'hectare.

Il sera naturellement avantageux de mettre les engrais appropriés la première année, surtout des engrais potassiques.

Si l'on adopte la rotation donnée plus haut, le chaulage étant de toute première nécessité dans ces terrains, il aura pu être fait après

(1) Dans la propriété du Chenoy (Villers-la-Ville), où nous trouvons le même tuf qu'en Campine, M. l'Inspecteur des Eaux et Forêts Crahay a toujours obtenu d'excellents résultats par l'emploi du lupin enfoui comme engrais vert.

défoncement, ou bien on le fera, moitié après défoncement, moitié sur seigle ou avoine. (Il ne peut se faire sur pomme de terre.)

Si la rotation de trois ans est trop longue, on peut mettre le seigle après le lupin. Après la coupe de la céréale, il n'est pas nécessaire d'enfourer le chaume. On reboise directement dans celui-ci.

3° HISTORIQUE DE LA QUESTION.

1^{re} hypothèse. L'eau de pluie, chargée d'anhydride carbonique, en pénétrant dans le sol, dissout des matières solubles qu'elle y rencontre et les entraîne avec elle. Arrivée au contact de la nappe aquifère, elle y précipite, dit-on, les matières dissoutes et ainsi se forme le tuf. Dans cette hypothèse, on suppose d'abord que les nappes aquifères sont immobiles, ce qui n'est pas, et que les matières ferrugineuses ou autres, continuellement amenées, se concentrent. La solution se sature et les matières solubles se précipitent au contact de la nappe aquifère, ou, comme on le dit, dans la zone de balancement des nappes aquifères (1).

Cette hypothèse n'explique pas le phénomène. Pourquoi y aurait-il concentration de l'eau de la nappe, puisque les nouvelles quantités de liquide qui affluent, si elles amènent des matières dissoutes, amènent aussi du liquide nouveau? On ne comprend pas où s'en irait l'eau que suppose la concentration invoquée. Elle ne peut disparaître que par les sources d'un côté, l'évaporation superficielle de l'autre. Si elle s'en va par les sources, pourquoi n'entraîne-t-elle pas avec elle le fer ou les matières solubles?

Quant à l'évaporation capillaire, il en est de même. Si, en descendant, l'eau était capable d'entraîner les matières solubles à l'état de dissolution, pourquoi, lorsqu'elle remonte, ne peut-elle les ramener avec elle? Or elle ne les ramène pas, puisque ces tufs se forment seulement en profondeur et non en surface.

2^e hypothèse. On pouvait supposer aussi que les particules de sable très fines exerçaient une attraction sur les solutions salines et que celles-ci, se précipitant, donnaient naissance au tuf. Mais cela n'explique pas le phénomène (2).

(1) Nous avons expliqué, page 269, note 3, ce que l'on nomme ainsi.

(2) Faisons remarquer cependant que, dans cette formation, il y a aussi des causes physiques. En effet, chaque grain de sable jaune est entouré de matières ferrugineuses, alumineuses, potassiques, etc. Ce sable jaune est donc plus tassé, plus compact, que le sable gris et la couche végétale, formés presque uniquement de silice pure, avec

Voici ce que dit de la formation du tuf humique ou ortstein M. van Schermbeek, agent forestier de l'État néerlandais à Ginneken (1) :

« La profondeur de l'influence de l'eau contenant des acides dépend de la finesse des éléments constitutifs du sol. Plus ils sont gros, plus la masse influencée sera grande. Dans les régions sablonneuses, on trouve le plus souvent sous la tourbe une couche de sable gris, couleur plomb. Celle-ci passe insensiblement à une couche de couleur foncée, qui varie du jaune au brun noirâtre, d'une dureté plus ou moins grande ; ordinairement, la couleur fonce vers le bas : c'est le tuf ou, d'après Ramann, la pierre à sablon humique. Sous cette couche, on trouve le sous-sol d'une couleur presque uniforme ; dans la région supérieure seulement, on remarque des lignes, des pointes, d'une couleur analogue à celle de la couche durcie, preuve que l'influence des acides humiques s'est fait sentir au début plus profondément qu'à la fin de la formation de cette couche. Les diverses profondeurs auxquelles on trouve ces signes de pétrification du sol sont autant de preuves de l'inégalité de sa perméabilité.

» L'altération du sol par les acides humiques dépend surtout de sa richesse en calcaire et de la grosseur des grains de sable. Les grains de sable sont des débris de roches anciennes. La destruction naturelle de ces roches, dont le quartz est le principal élément, nous donne de la poussière de différents minéraux et des grains de sable plus ou moins brisés. La poussière enveloppe les grains et constitue la plus ou moins grande richesse de nos sols sablonneux. Ces sols, contenant au moins 90 % de silice, seraient absolument stériles s'ils ne renfermaient pas la petite quantité d'autres éléments minéraux attachés aux grains.

» Ces minéraux, nitrates, phosphates, sulfates et silicates, placés sous la réaction des acides humiques, sont lentement décomposés, en donnant naissance aux humates.

» La couche superficielle est donc, sous l'influence de ces acides, dépouillée de ses éléments minéraux et surtout privée de sa force d'absorption : les silicates basiques de calcium, magnésie, potassium, sodium, éléments du pouvoir d'absorption de notre sol, décomposés par les acides humiques, ne laissent qu'un résidu poudreux de silice.

une proportion plus ou moins grande de matières organiques. Rien d'étonnant dès lors à ce que l'eau de pluie puisse entraîner de faibles particules d'humus à travers la couche végétale et le sable gris, particules qui s'arrêtent au niveau du sable jaune. Naturellement, les causes chimiques jouent le plus grand rôle dans la formation.

(1) Page 358 du *Bulletin forestier belge* de 1898.

Les humates s'enfoncent dans le sous-sol, donnant naissance à la pétrification humique (tuf).

» Le sable gris se compose de grains de quartz plus ou moins gros, mêlés de poudre fine siliceuse ; il est coloré par des particules noirâtres d'origine organique. Voici la constitution de cette couche stérile :

	Pour 1 kilogr.
Acide phosphorique	0gr,2
Potasse	0gr,2
Calcium	indices.
Oxyde de fer	indices.
Matières organiques	39 grammes.
Silice	937 id.

» Le tuf contient, sous forme d'humates, les produits de la décomposition de la plupart des minéraux de la couche superficielle, mais dans un état nuisible (1) et impénétrable pour les racines d'une végétation supérieure. Une certaine richesse calcaire préviendra plus ou moins, par sa réaction basique, les influences nuisibles des acides humiques ; une grande humidité peut aussi, en diluant leur solution, atténuer beaucoup leur action pernicieuse (2). »

Dans le *Bulletin forestier* de 1896 (p. 588) se trouve l'article suivant concernant cette formation :

« En Campine, on rencontre fréquemment, à une profondeur variant de 0^m,20 à 0^m,90, mais d'ordinaire de 0^m,50 à 0^m,50, une couche brunâtre, de 0^m,05 à 0^m,12 d'épaisseur et de dureté variable, appelée *alios des sables* ou *tuf*. L'*alios* se trouve et se forme généralement au niveau de l'imperméabilité du sol, au niveau de l'eau stagnante, bien qu'on le trouve également dans les monticules de sable très sec où il se forme par capillarité (3). Dans ce cas, son épaisseur ne dépasse pas 0^m,05 à 0^m,04.

» Dans la grande majorité des cas, l'eau filtrant à travers la couche de sable gris blanchâtre qui couvre toujours le tuf, entraîne avec elle

(1) Faisons remarquer qu'en prenant la réaction du tuf à l'aide du papier de tournesol, elle est acide.

(2) Il nous semble cependant que ce serait plutôt un moyen de combattre cette formation que de lutter contre l'humidité. En effet, si le terrain est humide, il devient acide. Or, c'est la trop grande acidité qui est la cause de la formation du tuf humique.

(3) S'il se forme par capillarité : 1^o pourquoi serait-ce toujours au contact du sable jaune ? 2^o pourquoi n'arriverait-il pas dans ces conditions à la surface, comme tous les tufs qui résultent de la capillarité, c'est-à-dire d'un excès d'évaporation sur les précipitations pluviales, ce qui n'est pas le cas en Belgique ?

les acides humiques résultant de la décomposition de la bruyère et forme, avec les particules de limon ferrugineux, qu'on trouve toujours dans ces sables, un ciment formant le tuf et lui donnant sa dureté. Le tuf doit donc sa formation aux acides organiques de l'humus qui ont pris naissance à la surface et ont été entraînés par le lavage des couches supérieures.

» D'après Emeis, le tuf constitue « la caisse d'épargne de la bruyère » depuis des siècles. La potasse, l'acide phosphorique, l'ammoniaque et même d'autres produits azotés s'y rencontrent en notable quantité et peuvent servir de nourriture aux plantes. Si donc la formation d'altos est néfaste parce qu'elle retient l'eau, d'un autre côté elle a le mérite de retenir les substances fertilisantes. Lorsqu'on défonce et met en culture pareil sol, il faut tenir compte de cette richesse en ramenant le tuf à la surface, s'il n'est pas trop profond. Malheureusement, une particularité qui explique le peu de fertilité des sols où ces bancs existent est la réaction acide du sol supérieur, inférieur et du banc lui-même.

» Au cours de l'hiver, les gros morceaux de tuf se délitent et perdent toute consistance et dureté. C'est le moment de chauler fortement pour neutraliser les acides organiques et minéraux ou, mieux encore, d'amender par du phosphate minéral (1).

» Ce dernier renferme de l'acide phosphorique et en plus de la chaux. Cet amendement devrait toujours précéder le boisement de toutes les bruyères, parce qu'elles sont toutes acides, et les non-réussites peuvent bien souvent être attribuées à cette hyperacidité du sol.

» L'assainissement, dans les terrains de cette nature, a une grande importance. Si l'écoulement des eaux laisse à désirer, si le sol n'est pas rigolé convenablement, et par là-même maintenu meuble, on peut s'attendre à un nouveau limonage et par conséquent à la réapparition du tuf. Quand celui-ci se trouve à une profondeur dépassant 0^m,50, il est préférable de le laisser en place, en se bornant à ameubler la surface des plates-bandes, sur lesquelles on plantera, et à bien rigoler le sol par un réseau de fossés espacés de 3 mètres à 5^m,50, de 1 mètre de largeur au plafond, 0^m,50 en bas, 0^m,70 de profondeur. »

Nous devons à l'obligeance de M. Dubois, garde général des Eaux et Forêts à Hasselt, la traduction d'une conférence de M. le Dr Sjollema sur les bruyères de la Drenthe (province du Nord de la Hollande),

(1) Dans les phosphates minéraux, l'acide phosphorique se trouve à l'état de tricalcique, c'est-à-dire insoluble. Mais grâce à la présence dans ces sols d'agents de diffusion, tels que les acides humiques, ulmiques, etc., il devient soluble et utilisable rapidement.

publiée dans le « Tijdschrift der Nederlandsche Heidemaatschappij ». Il y est aussi question du tuf humique, et nos explications concordent parfaitement avec celles données par M. le Dr Sjollema au sujet de cette formation :

« On peut rattacher les bruyères de la Drenthe, dit M. Sjollema, à deux types principaux : a) la bruyère sèche, la plus commune ; b) la bruyère humide, présentant dans ses couches superficielles un grand caractère tourbeux.

» a) Dans la bruyère sèche, on distingue : 1° une couche de terreau de bruyère ou tranche, gazon de bruyère (*heideplag of heidezode*) ; 2° une couche de sable gris (*loodzand*), d'une coloration presque blanche, ou d'un gris plus ou moins foncé suivant la proportion de matières organiques ; 3° une couche noire ou brun très foncé, appelée en certaines régions de la Drenthe « marc de café » (*koffielaag*) ou terre de chicorée, surtout quand elle est brun foncé, et qui physiquement présente beaucoup d'analogie avec le *loodzand*, mais en diffère par ce qu'elle renferme une plus grande proportion de particules d'humus. Elle est parfois meuble, parfois plus compacte et donne lieu par dessiccation à des blocs durs, tout comme la tourbe noire ; 4° une couche de tuf (*zandoer*) sablonneux. En dessous, on rencontre un sable ordinaire souvent jaune. Il arrive aussi qu'on rencontre un sol argileux (*leem*) à une certaine profondeur et qu'immédiatement au-dessus de ce *leem* ou dans sa partie supérieure on trouve des poches d'une sorte de tuf rouge orangé. Celui-ci peut aussi exister sans que le *leem* soit présent.

» On peut se demander si ces couches ont pris naissance lors de la formation des terrains ou bien dans les temps postérieurs, et dans cette dernière occurrence, si elles se sont formées alors que ces terrains étaient couverts de bruyères, ou si elles ont pris naissance pendant la période où ces terrains n'étaient pas encore à l'état de bruyère.

» Nous nous demanderons donc s'il existe une relation de cause à effet entre l'état de bruyère et la présence de ces diverses couches ; et c'est, en effet, ce que l'on admet.

» L'idée que l'on se fait de la formation de ces couches est, en résumé, la suivante : La couche superficielle des bruyères sèches est formée par un gazon ou une tranche d'épaisseur variable, par exemple de 0^m,08. Elle présente une structure compacte et est en même temps coriace, principalement par suite de l'enchevêtrement des racines de la bruyère, mais aussi, d'après Muller, par la présence d'une grande quantité de filaments mycéliens brun foncé, visibles au microscope, unissant les racines mortes et vivantes de la bruyère. Elle renferme

beaucoup de matières organiques ; les détritux des plantes y subissent une transformation en matières humeuses, parmi lesquelles (les plus importantes pour nous) des matières humeuses acides, solubles dans l'eau, c'est-à-dire des acides humiques. Cette couche de terreau grossier de bruyère peut être considérée comme une sorte de formation de tourbe sur le sec. La présence de cette couche est la cause de la formation des autres, et on peut se l'expliquer comme suit : L'eau de pluie dissout les acides humides du terreau de bruyère et cette solution s'enfonce. La couche supérieure de sable subit donc l'influence de la mise en solution des acides humiques. Le résultat consiste en ce que les substances minérales du sable sont attaquées, que les substances basiques, alcalis et alcalino-terreux, c'est-à-dire la chaux, la potasse, etc., se dissolvent et s'enfoncent. Les autres matières nutritives des plantes (acide phosphorique) sont enfin aussi dissoutes. Outre que, par ce fait, la couche supérieure de sable s'appauvrit directement en matières nutritives, elle perd aussi par là son pouvoir d'absorption, ce qui aggrave indirectement l'appauvrissement du sol. Les matières organiques exercent en outre une action réductrice sur les composés ferrugineux. Le fer prend une forme soluble par cette action et la formation d'acide carbonique, de sorte que l'eau de pluie enlève aussi le fer à la couche supérieure de sable. De ce que les composés ferrugineux jouent un rôle important dans l'absorption, il en résulte que le pouvoir d'absorption de cette couche en est encore diminué.

» Une autre conséquence de la dissolution et de l'enlèvement du fer, est la décoloration.

» L'eau de pluie exerce encore une autre action : elle entraîne mécaniquement vers le bas de fines particules noires d'humus.

» Il résulte de toutes ces actions que le *loodzand* comprend un mélange de grains de sable décolorés, paraissant d'un blanc vif à la loupe, et de particules noires d'humus charbonneux qui se trouvent entre les grains de sable. Ce mélange a naturellement une couleur grise et sera plus clair ou plus foncé suivant l'abondance des particules noires.

» Le sable gris forme d'habitude une couche très meuble, ce qui résulte de l'enlèvement par lavage des silicates acides et des acides humiques.

» Vers le bas, le *loodzand* est en général plus foncé ; l'examen à la loupe indique tout simplement une proportion plus forte de particules noires. La différence entre cette couche et le *loodzand* est donc, à proprement parler, une différence quantitative. Cette couche est nommée *koffie of chicoreilaag*, « marc de café ou de chicorée », quand sa coloration

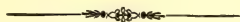
est brun foncé. Les acides humiques qui traversent en solution le *loodzand* sont précipités et fixés dans le sable du dessous, c'est-à-dire dans la couche de sable jaune, non encore lavée; des acides humiques ne peuvent pas rester en solution quand ils pénètrent dans une couche du sol qui renferme encore des substances minérales solubles. Les grains de sable de la couche en dessous du *loodzand* sont donc entourés d'une pellicule, en général brune, des combinaisons humiques précitées.

» Cette couche forme le *tuf sablonneux* (*zandoer*), qu'on ne doit pas confondre avec le *tuf ferrugineux* (*ijzeroer*). On pourrait appeler le *zandoer*, *Pierre de sable humeux* (*humuszandsteen*), sable aggloméré par des combinaisons humiques. A la loupe, on peut reconnaître que la couleur de chaque particule de sable est brunâtre et que nous n'avons pas affaire ici à un mélange de substances diversement colorées, comme dans le *loodzand*. Cette couche ne forme pas toujours un banc compact ou dur comme la pierre, mais elle peut aussi se composer simplement de sable tufacé, ce qui d'habitude ne constitue pas une couche bien meuble, mais ne doit pas non plus être considéré comme banc.

» En général, le *zandoer* devient plus clair par le dessous et se transforme en sable jaune.

» Nous avons donné une explication assez simple de la naissance du *zandoer*, mais il n'est pas douteux que le processus en est plus compliqué et que les silicates solubilisés, la compacité de la couche où se produit le *zandoer* et sa teneur en silicates naturels jouent un rôle important, ainsi que les composés ferrugineux, et surtout aussi la dessiccation du sol pendant l'été. »

Comme on le voit, cette question de la formation du tuf a donné lieu à bien des recherches; et cela se comprend par suite de son importance aussi bien au point de vue forestier que géologique. Nous avons, en effet, affaire à un banc qui s'étend en surface, qui est souvent très dur et très rapproché de la surface. Dans ces conditions, le boisement de ces terrains est difficile et souvent impossible, par suite de l'obstacle que le tuf présente à la pénétration des racines des arbres. Aussi avons-nous, dans notre Limbourg, une surface immense de terres incultes, couvertes de bruyères et de marécages, et qu'il faudrait rendre à la sylviculture, d'autant plus que, dans un avenir prochain probablement, on aura besoin de bois pour les houillères de cette région.



LA QUESTION DES EAUX ALIMENTAIRES

DANS LES

RÉGIONS DUNALE ET POLDERIENNE DU LITTORAL BELGE (1)

PAR LE

BARON O. VAN ERTBORN

Nous avons eu l'honneur de présenter à la séance de la Société du 21 octobre dernier une note intitulée : *Quelques mots au sujet de l'hydrologie de la côte belge*. Ces quelques pages sont plutôt une étude critique de la notice communiquée à la séance du 25 mai de la Société géologique de Belgique par M. R. d'Andrimont, ingénieur à Liège, et intitulée : *Notes sur l'hydrologie du littoral belge*, préconisant le captage des eaux de la zone dunale.

Nous savions depuis longtemps qu'au point de vue des eaux alimentaires, le littoral se trouve dans une situation déplorable. Notre opinion était basée sur cet axiome que *jamais en polder il n'y a d'eau potable*. Nous savions aussi qu'à Ostende (2) et en d'autres localités, il fallait recourir aux citernes pour capter les eaux pluviales destinées aux usages domestiques, mais nous ignorions complètement que le mal fût aussi grave que nous venons de l'apprendre.

Le Ministère de l'Agriculture a eu l'heureuse idée de nous offrir un volume des plus intéressants : *Enquête sur les eaux alimentaires*; qu'il veuille bien agréer l'expression de notre sincère gratitude. Ce gracieux

(1) Présenté à la séance du 21 avril 1903.

(2) En cette ville, les eaux pluviales sont en outre polluées par la suie. Jamais le pied noirci d'un ramoneur n'a foulé le sol de la Reine du littoral. Le ramonage des cheminées y est absolument inconnu.

envoi (1) nous permet de traiter la question à fond et de lever tout doute au sujet de l'alimentation locale dans la région du littoral.

C'est avec grande stupéfaction que nous avons constaté que plus de cent localités n'ont d'autres ressources que l'eau pluviale; à Oudenbourg, pour 2706 habitants, il y a 330 citernes privées; à Furnes, 900 citernes privées et une, publique, de 300 mètres cubes pour 5800 habitants, et à Dixmude la citerne publique est d'une contenance de 800 mètres cubes; il y en a dans presque toutes les maisons; l'eau des puits est généralement de mauvaise qualité. Décidément Furnes devrait changer de nom et s'appeler *Citerneville* : une citerne par six habitants, c'est un record qui n'a jamais été atteint, même par les estaminets; c'est le triomphe de l'eau. Nous y reviendrons.

Pour en revenir aussi à notre première note, M. R. d'Andrimont nous a fait l'honneur de nous écrire et nous prie de communiquer à la Société les observations suivantes; nous nous empressons de satisfaire à son désir.

Nous avons fait remarquer qu'une source artésienne qui, à Ostende, a son niveau hydrostatique à la cote 12, ne peut avoir son affleurement, tête de source, dans le lit de la mer. M. R. d'Andrimont nous écrit : « Au sujet de la salure de la source artésienne du Landenien supérieur, je me permets de vous citer mon auteur (2). »

Parlant ensuite du *bombement* de la nappe aquifère dans les dunes, M. d'Andrimont ajoute : « Au sujet de l'explication de M. Herzberg que vous n'admettez pas, permettez-moi de vous faire remarquer que j'ai moi-même signalé (fig. 7 de mon mémoire) qu'il était possible d'expliquer le *bombement* par la cause toute simple et très connue d'ailleurs que vous rappelez.

» J'ai cependant de nombreuses raisons de croire qu'il en est autrement pour les eaux des dunes, raisons que vous retrouverez également dans la seconde communication (3) que j'ai faite sur le même sujet à la séance du 18 janvier 1903 de la Société géologique de Belgique.

» Il y a d'énormes différences d'ailleurs entre les proportions de la vallée et des collines de la Woluwe que vous citez et entre la grande plaine des Flandres et les minuscules collines que sont nos dunes.

» De plus, ce bombement se retrouve même aux endroits où les dunes n'existent pour ainsi dire pas.

(1) Ministère de l'Agriculture, *Enquête sur les eaux alimentaires. Rapport de M. J.-B. André*, ingénieur et inspecteur général. In-8° de 463 pages.

(2) M. RUTOT, *Le puits artésien de Blankenberghe*. (SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. II, 1888.)

(3) *Contribution à l'étude de l'hydrologie du littoral belge.*

» Vous donnez une autre explication au bombement de la nappe, mais vous ne démontrez nullement la fausseté de l'hypothèse de M. Herzberg. »

Nous n'avons pas admis la théorie de M. Herzberg, qui considère l'eau douce comme flottant sur l'eau salée ainsi qu'un bouchon et attribuant à la différence de densité des deux eaux la cause de la différence de niveau existant entre la nappe d'eau salée et la nappe d'eau douce. Nous n'avons pas admis cette théorie à cause de son peu de fondement. Une mer bordée de dunes est toujours très peu profonde ; soyons généreux et accordons-lui 4 mètres, ce qui est même exagéré, car avec cette minime profondeur les bains ne seraient plus possibles ; nous nous étions rappelé que Daubrée a dit que dans les dunes de la Gascogne l'eau douce s'élève à 15 et 20 mètres de hauteur. Une colonne d'eau salée de 4 mètres ferait donc contrepoids à une colonne d'eau douce de 20 mètres de hauteur, d'après M. Herzberg. Un vrai travail de *compresseur*, car la densité de l'eau douce étant 1.000 et celle de l'eau de mer de 1.027, une colonne d'eau de mer de 4 mètres de hauteur ne peut faire contrepoids qu'à une colonne d'eau douce de 4 mètres 108 millimètres. La différence est donc absolument insignifiante. Nous avons aussi la conviction que si on faisait un long plateau de béton absolument imperméable et qu'on y construisit des dunes artificielles, on constaterait bientôt le même bombement de la nappe aquifère ; l'infiltration verticale étant beaucoup plus rapide que la filtration latérale, il doit y avoir surélévation du niveau dans la partie centrale du massif sableux. Le plateau en béton n'est pas un mythe : dans toutes les villes fortifiées, les casemates sont couvertes de terre, et le génie militaire ménage même des regards pour l'évacuation des eaux pluviales filtrant à travers la couche de sable.

Cette question nous paraît donc élucidée.

Le troisième point cité par la lettre de M. R. d'Andrimont est conçu comme suit : « Vous citez pour terminer des chiffres au sujet de la zone dunale ; celle-ci atteint en effet plus de 2 000 mètres de largeur aux environs de Nieuport, et cette *largeur* se maintient jusqu'à la frontière française. Vous oubliez également de citer un massif de dunes que je trouve très important et très intéressant au point de vue pratique : c'est celui compris entre Heyst et la frontière hollandaise.

» Vous partez également de ce *principe*, que je crois peu exact, que l'eau de la couche aquifère des dunes a pour unique origine les eaux météoriques qui tombent à la surface de celles-ci. Dans cette hypothèse même, je crois que le chiffre de 2 à 3 mètres cubes par hectare et par jour est trop faible.

» Enfin, des pompages que j'ai exécutés moi-même sur des puits d'essai (du genre abyssin) dans la région basse des dunes de Knocke et dans de vraies *pannes*, aux environs du Coq, m'ont démontré que l'eau était loin d'être insalubre. Elle a très bel aspect ; j'en ai bu pendant trois mois, sans être le moins du monde incommodé. L'analyse montre d'ailleurs que l'eau est parfaitement potable. »

Nous ne contesterons pas qu'en quelques points il n'y ait de l'eau potable dans les dunes ; certaines zones en contiendront probablement des quantités relativement considérables, mais celles-ci seront toujours insuffisantes pour créer une distribution un peu importante.

Pour connaître exactement la quantité dont on pourrait disposer, il faudrait établir plusieurs coupes transversales de la région dunale et niveler la surface de la nappe aquifère au-dessus d'un plan déterminé, la cote + 5 par exemple, pour éviter tout appel d'eau salée marine ou d'eau infecte de la zone polderienne. On pourrait établir ainsi les réserves.

Un essai fait à l'aide d'un puits abyssin n'est pas probant, son débit pouvant être considéré comme nul. Nous avons fait tant d'essais de débit depuis un tiers de siècle, que nous en savons quelque chose. Nous en faisons encore un en ce moment à Alost, à raison de 750 litres par minute (1 080 mètres cubes par vingt-quatre heures). Nous considérons même un essai de l'espèce comme insuffisant pour juger de la quantité d'eau que recèlent les dunes.

Tous ceux qui ont assisté au creusement des fossés des fortifications et des bassins à Anvers ont pu constater combien les sables s'assèchent rapidement dans un périmètre considérable. Les grands bassins qui ont remplacé la citadelle du Nord, malgré le voisinage immédiat de l'Escaut et leur situation en plein polder, ne donnaient plus à la fin qu'une quantité d'eau minime, quoique le radier eût atteint environ la cote — 12 et que les sables pliocènes se trouvassent à nu sur une hauteur considérable. La surface creusée était d'environ 15 hectares, et l'on pouvait se promener à pied sec dans le fond des fouilles.

On perd généralement de vue que la nappe aquifère des dunes subit un drainage énergique. Lorsqu'elle est plus élevée que la nappe phréatique de la plaine, elle doit s'y déverser lentement par filtration. Du côté de la mer, l'effet est bien autrement considérable ; on voit s'écouler de vrais ruisselets des mares qui se trouvent sur la laisse de marée basse. Ces eaux proviennent en partie des dunes ; le dosage des sels en dissolution permettrait d'établir la quantité d'eau douce mélangée à l'eau marine. Une partie des eaux pluviales tombant sur

les dunes doit se perdre par évaporation. Ces pertes diverses doivent faire compensation à l'apport annuel, car le niveau moyen de la nappe aquifère ne varie guère. En cas de saison humide, le bombement doit augmenter et le mouvement de filtration latérale s'accélérer par l'effet de la pesanteur. Le phénomène inverse se produit pendant les sécheresses; de cette manière, il y a compensation et le niveau moyen tend à se maintenir dans les dunes.

Dans la zone dunale, les puits ne peuvent atteindre le niveau maximum des marées ni celui de la nappe phréatique de la plaine; il faut bien se prémunir soit contre l'invasion des eaux marines, soit contre celle des eaux infectes du polder. Si la nappe aquifère des dunes n'est pas épaisse, le débit des puits sera bien faible et il faudra les multiplier pour obtenir un résultat pratique. Dans ce cas, la galerie drainante est préférable, son action étant continue. Malheureusement, pour l'établir, on doit assécher une partie de la nappe et épuiser les réserves; ce fait est d'autant plus grave dans les dunes qu'elles sont dépourvues de bassin compensateur. Dans la forêt de Soignes, l'inconvénient est déjà appréciable, quoique le sous-sol de la forêt soit alimenté par un bassin compensateur énorme, qui s'élève rapidement dans la direction du Sud.

M. Th. Verstraeten, qui s'est occupé spécialement de la question et dont la compétence en la matière ne saurait être révoquée en doute, nous écrit : « Nos dunes ont trop peu de largeur et de masse, eu égard aux quantités d'eau qu'on voudrait en tirer pour les villes déjà importantes qui les bordent. Les couches aquifères qu'elles recèlent sont trop près de la surface et leurs volumes n'ont pas la faculté régulatrice nécessaire. »

Il est donc de haute importance, avant d'entreprendre tout travail de captation dans les dunes, d'établir plusieurs séries de petits puits tubés, permettant de déterminer le profil de la nappe aquifère en toutes saisons et spécialement pendant les périodes sèches. On sera ainsi toujours à même de cuber les quantités disponibles. Sans ce travail préparatoire, on s'exposera certainement à de sérieux mécomptes. De plus, de nombreuses analyses d'eau devront être faites à toutes les époques.

Nous croyons en avoir dit assez sur la nappe aquifère pour que chacun puisse se former une idée à ce sujet. Elle peut suffire à de petites distributions, mais il y aura lieu de suivre de bien près la qualité des eaux.

Passons à présent à la nappe phréatique polderienne. Délimitons d'abord cette région beaucoup plus vaste.

Sur la rive gauche de l'Escaut, la zone polderienne commence non

loin du village de Burght, un peu en amont d'Anvers; sa limite suit à peu près la cote 5, passe à Zwyndrecht, pour s'infléchir ensuite vers l'Ouest. Dans cette direction, A. Belpaire, dans son remarquable ouvrage, *La plaine maritime depuis Boulogne jusqu'au Danemark*, la délimite comme suit : Elle s'étend en-deçà de Hulst vers Koewacht, Overslag et Selzaete, près du Sas-de-Gand. Sa limite se dirige ensuite vers Assenede, Bouchoute, Saint-Laurent, Ardenbourg, Middelbourg, Damme, Houthave, Stalhille; traverse le canal de Bruges à Ostende, près de ce dernier village; passe à Ettelghem, Oudenbourg, Westkerke, Ghistelles, où la couche de glaise s'étend dans un petit golfe terrestre, dirigé de l'Ouest à l'Est, entre ce dernier endroit et Eerneghem. Après cela, la ligne de démarcation revient sur Zevecote, Zande, Leke, Keyem, Beerst et Dixmude; la couche de glaise s'étend de nouveau dans un golfe terrestre assez profond, ayant la même direction que le premier et dont les bords élevés, partant de Beerst, passent à Vladsloo, Bovekerke, Werken, Handzaeme, Zarren, Eessene et Dixmude. C'est le bassin d'une petite rivière.

« Au delà de Dixmude, la limite que nous suivons rentre de nouveau jusque vers Woumen et Merckem. De là, elle se dirige vers Oeren, suit le canal de Loo jusqu'à quelque distance de Furnes, passe au canal de la Colme, qu'elle longe d'assez près, jusque vers les hauteurs qui bordent le bassin de l'Aa, qui vont se terminer au Blancenez. Cette bande glaiseuse comprend, entre Furnes et Dunkerque, les Moeres, vastes marais asséchés. »

On se demandera peut-être, non sans étonnement, comment les alluvions de l'Escaut ont pu se confondre avec celles de l'Yser et former une aussi large bande en arrière des dunes. Il est évident que si, de nos jours, les digues du fleuve étaient supprimées, les eaux ne pourraient à chaque marée parcourir des distances aussi considérables et que rapidement des chenaux profonds se creuseraient dans les régions les plus basses; tel ne paraît pas avoir été le cas. Il semble probable qu'un ancien bras de l'Escaut, aujourd'hui comblé et dont feu le général Wouwermans, ancien président de la Société de Géographie d'Anvers, croyait retrouver les traces dans certaines dépressions des polders, coulait à quelques kilomètres au Sud du Hont, ou Escaut occidental, et, parallèlement à celui-ci, de l'Est à l'Ouest. Le Zwyn serait son ancienne embouchure et le village de Zwyndrecht (le passage du Zwyn), situé sur l'extrême limite des polders, aurait tiré son nom de ce bras du fleuve, dont l'origine se trouvait à proximité. Le Hont paraît d'ailleurs être relativement fort récent, tout au moins

comme bras principal du fleuve, et n'aurait été qu'un cours d'eau tout à fait secondaire entre le Zwyn et l'Escaut oriental pendant les premiers siècles de notre ère.

Il est très possible que l'embouchure du Zwyn ait été barrée par les dunes à l'époque de la sédimentation du limon polderien, comme le fut d'ailleurs celle du Rhin, non loin de Leyde.

Les eaux limoneuses auraient submergé complètement toute la région basse en arrière des dunes, la transformant en un vaste lac, où le limon se déposa. De cette manière, le jeu des marées n'aurait pu se faire sentir, car si deux fois par jour le flot avait dû inonder la plaine, il y aurait laissé de nombreuses traces de son passage. Cette hypothèse nous paraît la plus vraisemblable.

Malheureusement, cette région si fertile a un revers : l'eau potable y fait complètement défaut. Le désastre de l'armée anglaise, à Walcheren, en 1809, fait acquis à l'histoire, n'eut pas d'autre cause, et l'on a vu de nos jours, pendant des périodes de sécheresse, les riverains demander aux équipages des steamers, momentanément ancrés dans le fleuve, de l'eau potable, plutôt que d'employer celle dont le sol est saturé.

Il n'y a donc d'autre eau alimentaire dans cette région que celle de la pluie recueillie dans des citernes. La citerne, dans toutes les autres parties du pays, est considérée dans les villages comme un objet de *grand luxe*, tout comme les sonnettes aux portes. On la remplace parfois par une vieille futaille, placée sous le tuyau de descente des gouttières, lorsque par exception il y a des gouttières.

La citerne est généralement beaucoup plus dispendieuse à établir que les puits et bien plus exposée à tarir; il s'ensuit qu'elle n'est en usage que lorsqu'il y a nécessité absolue.

Nous avons tiré de l'ouvrage si intéressant de M. J.-B. André (1) le tableau suivant : il comprend 140 localités et 268 000 habitants faisant presque tous emploi d'eau de citerne pour les usages alimentaires. Il aurait été intéressant d'y joindre une statistique des cas de fièvre typhoïde et de la mortalité infantile. Malheureusement les éléments de ce travail nous font défaut.

La comparaison avec d'autres localités, situées dans de bien meilleures conditions hygiéniques, ne serait pas chose facile, car à la campagne les eaux des puits sont si souvent corrompues par les infiltrations de tous genres, qu'il existerait toujours un aléa, difficile à apprécier.

(1) Ministère de l'Agriculture, *Enquête sur les eaux alimentaires*.

**Localités des régions polderiennes et de la plaine
maritime dépourvues d'eau potable.**

LOCALITÉS.	MAISONS.	HABITANTS.	CITERNES.	REMARQUES.
Bassin de l'Escaut maritime.				
Zwyndrecht	801	5 836	+	Eau des puits de mauvaise qualité.
Meerdonck	452	2 283	+	
Kieldrecht	622	3 297	+	
Austruweel	148	1 075	+	Eau des puits impropre aux usages alimentaires.
Lillo	288	1 510	+	Id.
Calloo	594	2 898	+	
Doel	428	2 244	+	300 citernes.
Watervliet	362	2 643	+	Puits : eau médiocre ou mauvaise.
Saint-Jean-in-Eremo .	160	894	+	
Sainte-Marguerite . .	190	931	+	
Bassin de la mer du Nord.				
Lapscheure	166	796	+	87 citernes. Eau des puits : brune.
Houcke	46	207	+	Eau des puits : mauvaise, colorée.
Oostkerke	219	1 102	+	Eau des puits : mauvaise, tour- beuse.
Westcappelle	309	1 550	+	Eau des puits : médiocre, trouble, brune.
Ramsappelle	120	537	+	Eau des puits : mauvaise, peu uti- lisée.
Damme	151	1 107	+	Citernes et canal.
Coolkerke	150	758	+	Puits, ruisseau, canal.
Dudzele	473	2 273	+	Eau des puits : mauvaise.
Lisseweghe	450	1 976	+	Citernes presque exclusivement. Puits : mauvaise qualité.

LOCALITÉS.	MAISONS.	HABITANTS.	CITERNES.	REMARQUES.
Uytkerke	319	1 726	+	Puits : légèrement salée et puante.
Nieuwmunster. . . .	88	512	+	58 citernes privées, 1 publique.
Zuyenkerke	217	1 059	+	Puits : odeur et saveur mauvaises.
Meetkerke	123	501	+	Citernes dans presque toutes les maisons. Puits : mauvaise.
Houttave	160	738	+	Puits : mauvaise.
Stalhille	178	885	+	Id. id.
Vlisseghe	150	1 079	+	Id. peu utilisés.
Clemskerke	259	1 328	+	173 citernes. Puits : impropre à l'alimentation.
Breedene	979	3 179	+	Citernes dans presque toutes les maisons. Puits : peu utilisés.
Zandvoorde	160	934	+	
Steene	289	1 129	+	174 citernes. Puits : peu utilisés.
Wilskerke	67	346	+	55 citernes.
Leffinghe	393	1 800	+	250 citernes.
Snaeskerke	169	833	+	
Saint-Pierre-Cappelle.	66	228	+	Puits très peu utilisés. Citernes presque exclusivement.
Schoore	111	406	+	Citernes presque exclusivement.
Slype.	278	1 347	+	Puits : impropre à l'alimentation 170 citernes.
Mannekensvere	90	390	+	Citernes dans presque toutes les maisons.
Saint-Georges	70	328	+	Puits : peu utilisés. Citernes principalement.
Loo	487	1 787	+	
Nieucappelle	197	745	+	
Oudecapelle.	69	264	+	Canaux.
Saint-Jacques-Cappelle	43	217	+	
Caeskerke.	132	636	+	Puits non utilisés.
Lampernisse	93	392	+	

LOCALITÉS.	MAISONS.	HABITANTS.	CITERNES.	REMARQUES.
Oostkerke	65	296	+	Puits : non utilisés.
Stuyvekenkerke . . .	85	349	+	Puits : très peu.
Zoetenaye, ...	5	28	+	Puits : mauvaise ou médiocre.
Pervyse	313	1 366	+	278 citernes.
Eggewaertscappelle .	110	429	+	
Avecappelle	179	618	+	
Bulscamp	217	911	+	
Steenkerke	201	867	+	Réservoirs découverts.
Furnes	1214	5 796	+	900 citernes privées, 1 publique de 300 mètres cubes.
Ramsappelle	174	829	+	Puits, très peu : mauvaise.
Boitshoucke	33	155	+	
Wulpen	209	938	+	Puits dans le sable argileux et la tourbe.
Moeres	44	243	+	Puits : mauvaise.
Heyst.	750	3 662	+	Distribution en cours d'exécution : 500 mètres cubes. 20 puits dans les dunes.
Blankenberghe . . .	1248	5 048	+	Distribution. Eau du canal filtrée.
Wenduyne	70	448	+	Citernes nombreuses. Distribution. 5 puits filtrants dans les dunes.
Ostende.	2832	39 484	+	Citernes principalement. Distribution très peu utilisée pour les usages alimentaires. Eau des puits : en général louche, jaunâtre, plus ou moins salée. Le grand puits artésien donnerait des eaux moins impropres aux usages alimentaires.
Middelkerke.	427	2 044	+	Citernes nombreuses. Distribution de 100 à 200 mètres cubes. Eau du canal de Nieuport filtrée.
Westende	174	863	+	
Lombartzyde	152	991	+	
Nieuport	651	3 505	+	Citernes nombreuses.

LOCALITÉS.	MAISONS.	HABITANTS.	CITERNES.	REMARQUES.
Oost-Dunkerke	413	2 241	+	Citernes privées principalement.
Coxyde	230	1 297	+	Id. id.
Adinkerke	583	3 071	+	Puits et citernes privées.
Middelbourg	202	978	+	
Moerkerke	664	3 264	+	Beaucoup de puits : mauvaise.
Assebrouck	392	2 733	+	
Zerkeghem	249	1 344	+	
Jabbeke	415	2 017	+	
Oudenbourg	520	2 706	+	330 citernes privées.
Ettelghem	184	961	+	
Roxem	131	730	+	
Westkerke	248	1 231	+	
Eerneghem	805	4 514	+	
Ichteghem	955	4 952	+	
Couckelaere	1 207	5 480	+	
Moere	269	1 195	+	
Zande	119	579	+	
Zevecote	140	760	+	
Ghistelles	731	3 439	+	Beaucoup de puits : mauvaise.
Lichtervelde	1 358	6 355	+	
Thourout	1 900	10 146	+	Citernes peu utilisées pour l'alimentation.
Gits	612	3 246	+	
Handzaeme	654	2 972	+	
Staden	1 126	5 356	+	Puits privés et publics : quelques-uns médiocres ou mauvais.
Zarren	614	3 031	+	
Wercken	331	1 550	+	
Bovekerke	272	1 320	+	

LOCALITÉS.	MAISONS.	HABITANTS.	CITERNES.	REMARQUES.
Vladsloo	465	2 026	+	Beaucoup de puits : douteuse ou mauvaise.
Eessen	486	2 245	+	
Dixmude	800	3 829	+	Une citerne publique de 800 mètres cubes et dans la plupart des maisons.
Beerst	313	1 302	+	Eau des puits publics : mauvaise.
Keyem	307	1 271	+	
Leke	309	1 420	+	
Clercken	950	5 316	+	
Woumen	685	3 290	+	
Zonnebeke	655	3 741	+	
Langemarck	1 403	7 279	+	
Bixschoote	492	907	+	Canal, mares, citernes.
Wyschaete	715	3 474	+	
Zillebeke	390	2 019	+	
Saint-Jean	178	860	+	
Boesinghe	486	2 208	+	
Zuyschoote	434	631	+	
Noordschoote	420	570	+	
Westoutre	328	1 557	+	
Brielen	466	766	+	
Reninghe	436	1 857	+	
Crombeke	240	1 108	+	
West-Vleteren	385	1 895	+	
Watou	742	3 632	+	Citernes nombreuses.
Rousbrugge-Haringhe.	742	1 854	+	
Beveren	396	1 622	+	Id. id.
Proven	374	1 797	+	
Stavele	308	1 204	+	

LOCALITÉS.	MAISONS.	HABITANTS.	CITERNES.	REMARQUES.
Ghyverinchove	162	626	+	Ruisseaux, canal et fosses.
Hoogstade	159	671	+	
Pollinchove	450	1 584	+	
Isenberghe	210	807	+	
Saint-Ricquiers . . .	54	244	+	
Alveringham	695	2 756	+	
Oeren	32	155	+	
Vinckem	151	519	+	
Wulveringham	229	910	+	
Leysele	398	1 541	+	
Houthem	388	1 438	+	

148 localités : 268,000 habitants (1).

La question de la qualité des eaux de la nappe phréatique nous paraît jugée sans appel. L'emploi systématique des eaux pluviales, captées dans les citernes, a définitivement tranché la question.

Nous avons parlé dans une première note des eaux artésiennes; nous disions, au sujet des différences chimiques qu'elles présentent avec les eaux marines : « On pourrait peut-être augurer de ces faits que pendant la période éocène la composition chimique des eaux marines n'était pas la même que celles des mers actuelles, tout au moins à l'embouchure de certains fleuves. »

Depuis lors, la question géologique a fait un grand pas; il est établi, à présent, que les couches qui, à Ostende et dans toute la région, se trouvent intercalées entre la base de l'Ypresien et le Crétacique, sont les dépôts lagunaires de l'étage sparnacien. Il paraîtrait donc probable que des sources minérales de salure spéciale s'écoulaient dans ces lagunes et que leurs eaux imprégnaient ces dépôts. Elles furent empri-

(1) Il en est qui doivent faire 1, 2 et même 3 kilomètres pour chercher leur eau alimentaire.

sonnées plus tard par la grande masse d'argile ypresienne; il n'est même pas impossible qu'aucune issue d'écoulement n'existe en grandes profondeurs dans la direction du Nord, tandis que les couches perméables ont un affleurement, tête de source, dans la direction du Sud. La sonde aurait donc fait sourdre des eaux fossiles, qui se remplaceraient lentement par des eaux moins salines par suite de l'épanchement de la nappe artésienne.

Le rapport de M. l'ingénieur J.-B. André contient à ce sujet quelques mots qui donnent à réfléchir. Il dit au sujet de l'eau du puits artésien, non utilisé, de la ville d'Ostende, foré en 1858 : N. B. *Ce puits artésien donne aujourd'hui, paraît-il, une eau moins impropre aux usages alimentaires.* Depuis quarante-cinq ans, il est passé beaucoup d'eau par la colonne d'ascension du puits, et ce lavage, par l'afflux d'eaux moins chargées, aurait éliminé une partie des sels en dissolution.

La similitude chimique que présentent les eaux artésiennes des niveaux de 185 et de 508 mètres fait supposer que ces nappes communiquent par les fissures de la craie.

Les dépôts lagunaires du Sparnacien sont donc la cause de la mauvaise qualité des eaux artésiennes, et s'ils reposent sur des sables de l'assise landenienne marine, ils leur communiquent leur salure ou leur coloration.

Un phénomène identique se produit dans la région polderienne : ses dépôts, également d'origine lagunaire, polluent les eaux et les laissent filtrer dans les couches sableuses flandriennes d'origine marine.

Les eaux fluvio-lagunaires sont donc toujours de mauvaise qualité; les polders en fournissent un exemple frappant. Le Moséen de la Campine, quoique contenant, à Merxplas, une première couche d'argile plastique de 7^m,25 et un peu plus bas un second niveau imperméable de 4^m,60 de même espèce, est constitué par du sable avec débris de végétaux, strates de vase, débris tourbeux. Son eau nauséabonde exhale un relent de vase auquel pratiquement il serait difficile de remédier (1).

Les niveaux aquifères de l'espèce dans les divers horizons géologiques sont donc définitivement jugés.

Afin d'arriver à l'alimentation du littoral en eau potable, une étude serait peut-être à faire dans les environs de Courtrai, en dehors de la zone d'extension du Sparnacien, auteur de tout le mal, comme nous venons de le voir. Dans la région indiquée, cet étage est réduit à du sable pur et le Primaire est la dolomie devonienne. Elle pourrait être

(1) En ce point, par infiltration, le Pliocène est pollué sur une grande hauteur.

fissurée, comme le Carbonifère à Roubaix, dans lequel, à l'usine de MM. Motte frères, on puise 700 mètres cubes à l'heure.

Quinze mille mètres cubes d'eau alimenteraient le littoral; toutefois, avant d'entreprendre le puits, genre Lambert, il faudrait faire un sondage à petit diamètre pour reconnaître la dolomie et la qualité des eaux qu'elle contient. L'examen de la question devrait donc être conduit avec intelligence et beaucoup de soin. Nous ne préconisons pas ce moyen comme une panacée, mais bien comme un mode d'alimentation digne d'être étudié.

Pour terminer notre travail, il nous reste à résumer le second mémoire de M. R. d'Andrimont, intitulé : *Contribution à l'étude de l'hydrologie du littoral belge* (1).

L'auteur traite d'abord des couches imperméables que contiennent les dépôts modernes et quaternaires; nous avons déjà dit dans notre première note que ces couches, très peu épaisses et discontinues, ne peuvent isoler deux niveaux aquifères. La nappe phréatique dans la zone littorale a donc pour base l'Ypresien et le Panisélien dans la partie Nord.

M. d'Andrimont établit ensuite la quantité moyenne d'eau pluviale qui s'infiltre dans les dunes et l'estime à 1 575 mètres cubes par hectare-an ou bien $3^{m5},7$ par hectare-jour. Nous avons déjà dit que la quantité que l'on pourrait en tirer par drainage doit être considérablement réduite par les fuites, soit du côté de la plaine, soit du côté de la mer. Il est bien établi que la nappe phréatique dans les dunes est à un niveau supérieur à celui de la mer. Or, quand une nappe aquifère occupe un niveau plus élevé que le fond des vallées, ou de toute autre dépression, il y a toujours fuite, et telle est l'origine de toutes les sources que nous voyons sourdre dans les vallées.

Passant ensuite à un autre ordre d'idées, l'auteur cherche à établir que dans cette région toutes les eaux de la nappe phréatique cheminent vers le Nord-Ouest. Il établit que la base imperméable de cette nappe, l'argile ypresienne, est au Sud-Est de Dixmude à la cote + 20 et à la cote — 56 à Blankenberghe. Il en conclut que des quantités considérables d'eau doivent s'écouler vers la mer et que, par suite de leur moindre densité, elles doivent s'élever dans les dunes.

Nous avons déjà dit que les densités des eaux douces et salées sont respectivement 1.000 et 1.027, ne pouvant amener qu'une différence de

(1) *Ann. Soc. géol. de Belg.*, t. XXX, MÉM., p. 3.

niveau de quelques centimètres seulement, donc absolument insignifiante.

Dans la région polderienne, les cotes varient entre 3 et 5 ; le niveau moyen de la nappe phréatique doit être à peu près le niveau moyen de la mer ; si ce niveau se relève dans les dunes de 0^m,10, il ne peut guère influencer celui des eaux d'infiltration directe dans les dunes. Le fait est des plus heureux, car la mauvaise qualité des eaux de la nappe phréatique dans les polders a été démontrée à l'évidence précédemment.

On ne se fait généralement pas d'idée de la lenteur des eaux cheminant dans des sables, surtout lorsque le toit de la nappe est horizontal, comme c'est le cas dans la plaine maritime. On peut même se demander si réellement il y a translation.

Lorsque les eaux cheminent dans les terrains perméables, leur mouvement est toujours fort lent, même lorsqu'il y a pente.

A Boitsfort, dans la partie inférieure du Bruxellien, le toit de la nappe phréatique présente des pentes de 0^m,025 *par mètre*, et malgré cette forte inclinaison, le cheminement de l'eau dans le plus perméable de nos sables est encore bien lent, car sinon la nappe se viderait rapidement, et elle ne présente que des variations peu sensibles pendant la saison sèche. On peut donc juger de la vitesse de translation de l'eau dans la plaine maritime, où les pentes sont mille fois moindres et les sables bien moins perméables que ceux de la partie inférieure du Bruxellien.

M. d'Andrimont base ses calculs non pas seulement sur la quantité d'eau pluviale qui tombe sur les dunes, mais encore sur celle qui tombe sur une zone de 15 kilomètres de largeur, tout au moins partiellement ; il nous semble qu'on ne lui disputera pas cette masse d'eau de mauvaise qualité.

L'auteur rappelle, page 20, mais sans trop y croire, que d'après la formule de M. Herzberg, les eaux dans les dunes remonteraient au niveau primitif, soit donc à 2^m,35 au-dessus du niveau moyen de la mer, au fur et à mesure du pompage et en supposant même que la nappe ne soit alimentée que fort irrégulièrement. Il s'ensuivrait donc que les eaux de la plaine remonteraient aux cotes 3 ou 6, soit à 1 ou 2 mètres au-dessus du niveau du sol de cette même plaine.

Jusqu'à présent, nous avons eu la naïveté de croire que le caractère fondamental de toute nappe libre est de ne pouvoir remonter, et voilà M. Herzberg qui nous prouve mathématiquement le contraire ; avouons aussi que nous sommes et restons absolument incrédule au sujet du mouvement ascensionnel de l'eau dans les dunes.

Les argiles et limons sont théoriquement perméables, ils interceptent et retiennent même une grande partie de l'eau pluviale ; mais pratiquement il n'y a pas lieu de s'en occuper, même dans la présente question.

M. d'Andrimont s'occupe ensuite de la qualité des eaux des dunes. Elles sont, dit-il, *assez dures et ferrugineuses*.

La dureté provient de la décomposition, par les eaux météoriques, de nombreux débris de calcaire coquillier mêlés au sable dunal. Le fer doit probablement son origine à des grains de glauconie altérés. La mer rejette bien des débris de grès paniseliens, elle peut donc parfaitement entraîner des grains de glauconie qui, plus légers encore que les grains de quartz, sont entraînés avec eux par le vent.

L'auteur indique ensuite les divers modes de captage, soit :

1^o Le captage par galeries filtrantes ;

2^o Le captage par puits filtrants du système abyssin.

Ces modes de captage sont en usage depuis longtemps ; les galeries filtrantes de la ville de Bruxelles ne datent pas d'hier. Quant aux puits abyssins, il y a une vingtaine d'années, les brasseries « Le Lion » et « Tivoli », à Anvers, en ont fait établir chacune une centaine et les ont reliés à une seule pompe. Chacun de ces puits abyssins débite environ 3 litres par minute ; ils plongent dans le sable bolderien.

L'eau captée ne sert qu'aux réfrigérants des brasseries.

Nous-même, à Ruysbroeck, nous avons construit une rangée de puits tubés de 0^m,28 de diamètre, ayant leur pied dans la couche de cailloux, base du Quaternaire. On y puise, en déprimant le niveau de 1 mètre, 100 litres par minute et par puits. Comme qualité, l'eau laisse à désirer : elle ne sert d'ailleurs qu'aux usages industriels.

Le mode de captage par puits reliés entre eux est donc connu depuis longtemps et en usage partout ; il en est de même des filtres ; nous en avons nous-même placé dans les puits artésiens. Ils sont entourés d'une toile métallique à tissu très fin ; il y a également les filtres de M. Putzeys, à plaques de verre, qui donnent d'excellents résultats.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur le mode de captage des eaux, bien connu de tous les ingénieurs qui s'occupent de la question.

Nous avons rencontré la plupart des points soulevés par M. d'Andrimont, et nous avons le regret sincère de ne point partager ses idées optimistes au sujet des eaux dunales et surtout celles qu'il émet au

sujet de la nappe phréatique de la plaine maritime. De petites distributions seront écrasées par leurs frais généraux, surtout si l'on doit avoir recours au filtrage. Une mesure radicale devrait être prise pour remédier à un état général aussi regrettable, et celle-là le Gouvernement seul peut la mener à bonne fin.

Si nous avons combattu des idées et des projets mis en avant avec la meilleure foi du monde, nous tenons à dire que nous l'avons fait avec conviction et dans l'intérêt général.

Depuis longtemps, la question des eaux du littoral tourne dans un cercle vicieux et sans issue; elle ne parvient pas à faire un pas en avant. Lorsque le Ministère de l'Agriculture lui-même vient nous dire, page 411 : « Distribution : *très peu utilisée pour les usages alimentaires* », tout commentaire devient superflu.

Espérons pour l'avenir des eaux meilleures et rendons un juste hommage à M. R. d'Andrimont, qui, nous en sommes convaincu, a voulu porter remède à cette fâcheuse situation.

Il nous reste à ajouter quelques généralités.

Tout niveau aquifère dépend de deux facteurs : les réserves accumulées pendant des siècles et l'apport permanent des eaux pluviales. Il est évident que si l'on épuise les réserves, on finit par ne plus avoir que l'apport permanent. Supposons que l'on pompe un étang alimenté par une source débitant 200 litres par minute. Au commencement, on pourra pomper plusieurs milliers de litres par minute, et lorsque le réservoir sera complètement épuisé, on n'aura plus que le débit de la source et pas une goutte de plus. C'est un fait dont on ne tient généralement pas compte.

Des expériences de courte durée, faites à l'aide de moyens insuffisants, ne prouvent donc absolument rien.

Lorsque les travaux d'épuisement durent assez longtemps, l'assèchement des niveaux aquifères se produit infailliblement. On a constaté le fait pendant le creusement des grands bassins et des fossés des fortifications à Anvers; le *Torrent* aux mines d'Anzin (France) en a fourni également un exemple frappant : son débit annuel n'est plus que de 500 000 mètres cubes, soit celui d'un puits artésien ordinaire. Ce débit peu considérable a fait croire à quelques-uns que le niveau perméable n'est pas alimenté; c'est une erreur. Les réserves contenaient des millions de mètres cubes d'eau et l'apport annuel n'est que d'un demi-million. Bruxelles-Maritime enfin vient de nous fournir un exemple

des plus concluants. Au commencement, on eut à épuiser un vrai déluge; la venue d'eau diminua progressivement, et à présent la vallée de la Senne est asséchée jusqu'à la cote + 4, même en hiver. Si l'on avait prédit ce fait il y a deux ans, nous nous serions cru dans le domaine de l'in vraisemblable. Nous avons donc parfaitement raison en conseillant l'*assèchement* de la nappe aquifère pour le creusement du tunnel de Bruxelles-Nord à Bruxelles-Midi (1); le travail serait exécutable même dans le fond de la vallée de la Senne. Les faits nous donnent complètement raison. L'assèchement progressif des nappes aquifères est la solution de la question des sables mouvants.

(1) *Société belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XV, p. 142.



L'UNITÉ PROPOSÉE
DE LA
PÉRIODE GLACIAIRE

PAR LE

D^r J. LORIE (1)

Privat-Docent à l'Université d'Utrecht.

Traduction du Baron O. VAN ERTBORN, revue par l'Auteur (2).

- I. D^r NILS OLOF HOLST, *The glacial Period and oscillation of the land* (GEOLOGICAL MAGAZINE, May 1901, translated by F. A. Bather).
- II. D^r N. O. HOLST, *Hat es in Schweden mehr als eine Eiszeit gegeben?* Berlin, J. Springer, 1899. (Uebersetz von D^r W. Wolff.)
- III. D^r F. E. GEINITZ, *Die Einheitlichkeit der quartären Eiszeit* (NEUES JAHRBUCH FÜR MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALEONTOLOGIE, Beilage Band XVI, 1902).
- IV. D^r C. GOTTSCHÉ, *Die Endmoränen und das marine Diluvium Schleswig-Holstein's*. Part. II : *Das marine Diluvium* (MITTHEILUNGEN DER GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFT IN HAMBURG, Bd XIV, Hamburg, 1898).
- V. D^r W. WOLFF, *Zur Kritik der Interglacial-Hypothese*. (NATURWISSENSCHAFTLICHE WOCHENSCHRIFT, II, 1903).

I

L'argumentation du premier travail peut se résumer comme suit :

Des restes de grands Mammifères terrestres furent trouvés en Scandinavie dans des dépôts postglaciaires. Pendant tout le temps que le pays fut couvert de glace, ils ne pouvaient naturellement y vivre; ils durent l'envahir après la fusion du glacier. Pour rendre le fait possible, il fallait une jonction reliant le Jutland et l'Allemagne, donc un niveau du sol plus élevé qu'à présent, d'où Holst conclut (très arbitrairement) à un soulèvement du sol. Ce soulèvement (plus qu'hypothétique) coïn-

(1) *Bulletin de la Société royale néerlandaise de géographie.*

(2) Présenté à la séance du 14 juillet 1903.

cide avec la fusion du glacier ; les deux phénomènes purent donc nécessairement être reliés entre eux et l'écorce terrestre comparée à un ressort qui se redresse, après avoir été longtemps comprimé par le poids du glacier. Il est probable que cette force élastique de l'écorce terrestre est passablement imparfaite et que la dépression primitive fut plus forte que le soulèvement qui lui succéda (à ce sujet, je n'ai aucune objection). Cette démonstration n'est pas entièrement neuve, car, déjà en 1865, le géologue anglais Jamieson en fit une semblable, à laquelle on accorda peu d'attention.

Il est prouvé que d'autres pays qui furent une fois couverts de glace, tels que la Norvège, l'Écosse et la Columbia (1), se trouvent à un niveau inférieur à celui de jadis. Les fjords bien connus sont considérés par beaucoup comme d'anciennes vallées de rivières et sont, sur les côtes de l'Amérique du Nord, du Mississipi au Saint-Laurent, parfois à 1 000 mètres de profondeur. Au point de vue géologique, ils ne sont pas fort anciens, sinon ils seraient comblés par des sédiments.

De plus, il est arrivé souvent, dans la mer du Nord, que les pêcheurs ont ramené dans leurs filets des ossements et des dents de mammifères, tels que le Renne. Supposant que celle-ci ait été à sec, les animaux pré-glaciaires auraient pu se rendre en Angleterre et de là en Irlande. Un soulèvement de 50 mètres serait suffisant pour cela, mais ne permet pas de démontrer la formation du glacier.

Il résulterait de la suite de l'argumentation que la grande similitude des flores de la Scandinavie, de l'Écosse, des Feroë, de l'Islande et du Groenland porte à accepter une jonction entre ces divers pays et fait supposer le fond de la mer moins profond de 900 mètres.

Nous pouvons encore en dire plus, car nous savons que les dragages profonds exécutés entre l'île de Jean Mayen et le Groenland, ont fait recueillir, à des profondeurs de 2 500 mètres, des coquilles mortes de mollusques qui, généralement, ne vivent tout au plus que jusqu'à 200 mètres. Le fond de la mer a dû se trouver là au moins à 2 500 mètres plus haut, quantité que Holst considère comme suffisante pour déclarer qu'elle fut cause de la glaciation de l'Europe septentrionale.

Il y a aussi des preuves que la Suède s'est trouvée, pendant les temps postglaciaires, à un niveau inférieur à celui qu'elle occupe de nos jours. En Suède septentrionale, on observe d'anciens rivages qui se trouvent actuellement à 280 mètres au-dessus du niveau de la mer.

(1) Province du Canada occidental.

D'autres, datant de la période dite à Ancyclus (1), pendant laquelle la mer Baltique était un lac d'eau douce, se trouvent à 200 mètres, tandis que de plus récents encore, ceux datant de la période des Littorines, se trouvent à peine à 100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ces derniers gisements, postérieurs à la disparition du glacier, sont considérés (ingénieusement ou insoutenablement) de la même manière par Holst. Toutefois, lorsqu'on écarte un pendule de la verticale et qu'on l'abandonne à lui-même, il oscille d'abord plusieurs fois, pour reprendre progressivement son repos.

Quelle fut la cause du haut niveau occupé jadis par la Scandinavie et l'Amérique du Nord? Holst fixe l'attention sur ce fait très remarquable que dans ces pays, de même qu'au Groenland, se trouvent les plus grandes étendues connues présentant les roches archaïques non recouvertes, fait qui n'est certainement pas dû au hasard. En Scandinavie, on trouve encore quelques lambeaux de Silurien et de Devonien, mais toutes formations plus récentes font complètement défaut, et Holst soutient que depuis la période devonienne, la Scandinavie, non seulement n'a pas été émergée, mais qu'elle s'est encore soulevée d'une manière continue et que ce soulèvement était le résultat de l'affaissement du fond de la mer dans une autre région, causé par l'apport incessant des sédiments.

Ce haut niveau occupé par la Scandinavie amena la formation du glacier; celui-ci provoqua l'abaissement de la température dans le restant de l'Europe (d'après Holst), et c'est ainsi que les Alpes, les Pyrénées, les Vosges, la Forêt-Noire, les Carpathes et le Caucase se couvrirent de glace à leur tour.

Dans cet exposé, on trouve un certain nombre de mouvements de l'écorce terrestre, mais de nature hypothétique très inégale. Il n'y a rien à objecter au fait que la Suède aurait occupé un niveau plus bas de 280 mètres qu'à présent, le fait étant parfaitement démontré par les anciennes lignes de rivage. Un soulèvement préglaciaire hypothétique de $\pm 1\ 000$ mètres est moins bien établi, mais la profondeur des fjords le rend acceptable. Holst en cite encore un autre dont il ne fixe pas l'époque.

Ce dernier est destiné à expliquer l'origine de la flore actuelle, et celle-ci me porte à assigner à la Scandinavie au commencement du *Postglaciaire* un niveau plus élevé qu'à présent. Je ne crains pas d'admettre que la glaciation complète de la Scandinavie a eu pour

(1) Correspondant au Hesbayen de Belgique.

résultat l'anéantissement total de toute vie organique; ensuite, il me paraît bien dangereux d'admettre que des semences d'âge préglaciaire n'aient pas eu leur germe détruit.

Le premier soulèvement, se produisant immédiatement après la fusion du glacier, est une simple hypothèse destinée à expliquer la présence d'animaux postglaciaires en Suède. Je n'en tiens pas compte. Il est très possible : 1° que déjà en dessous de la glace, le fond des Belt et du Sund se soit trouvé au-dessus du niveau de la mer et qu'il s'y soit maintenu sans oscillations du sol, et 2° que ces bras de mer, qui gèlent encore souvent de nos jours, aient livré ainsi passage aux animaux.

Ces dernières oscillations n'étant pas admises, il nous reste :

1° Un niveau élevé préglaciaire d'environ 1000 mètres, démontré par les fjords, et qui dut être très favorable à la glaciation ;

2° Un niveau bas postglaciaire, basé sur les lignes de rivage aux cotes 280, 200 et 100 mètres. Celui-ci est le mieux démontré de tous. On peut en déduire un soulèvement par gradation jusqu'à l'époque actuelle ;

3° Un niveau postglaciaire plus élevé, rendu admissible par la flore.

D'après moi, les numéros 2 et 3 peuvent permuter ; je crois avoir démontré combien il est facile de jongler avec des hypothèses et combien il est dangereux de le faire. Le papier est et restera toujours indulgent, même dans les deux sens.

II

L'auteur, dans son second travail, expose les considérations suivantes : A proprement parler, on n'a jamais discuté, en Suède, la succession de plusieurs périodes glaciaires, et cette idée, dès le principe, ne fut jamais combattue. D'après De Geer, le dernier glacier se serait étendu en Suède et en Finlande, jusqu'au 59° de latitude, et dans la zone de la mer Baltique jusqu'au 52°, soit jusqu'à l'Elbe et l'Oder.

I. — *Les moraines de fond.* — Ce que l'on a toujours considéré en Scanie (1) comme moraines de fond des deux périodes glaciaires, sont, d'après Holst, l'une la véritable moraine inférieure (celle qui se trouvait *sous* le glacier), l'autre la moraine intérieure (celle qui se trouvait *dans* ou *sur* le glacier).

La moraine inférieure est, comme d'habitude, plus bleuâtre; la supérieure, couleur de rouille. Ceci provient de la plus ou moins

(1) Suède méridionale.

grande oxydation des mélanges ferrugineux dans l'argile à blocs et il serait (Holst) fort étonnant que l'argile à blocs, la plus ancienne, fût toujours restée bleuâtre, sans passer au brun, pendant un laps de temps aussi long que la période interglaciaire. Pour moi, cet argument est de peu de valeur, parce qu'il est fort possible que la moraine couleur de rouille soit redevenue bleuâtre lorsque, recouverte par des dépôts plus récents, elle fut mise à l'abri de l'action atmosphérique. On constate en vérité absolument la même chose au sujet de nos limons marins et fluviatiles, qui pendant la sédimentation sont jaunes ou bruns et qui, plus tard, reprennent progressivement leur couleur bleuâtre jusqu'à un certain niveau en dessous de la surface.

D'après Holst, on constate aussi des différences pétrographiques (ce qui ne serait pas le cas si l'on avait affaire simultanément à des moraines de fond et d'intérieur). Les blocs erratiques de la moraine inférieure sont d'origine plus voisine, et cette moraine a plutôt le caractère d'une *moraine locale*. Ceux de la moraine supérieure proviennent de points plus éloignés, d'origine baltique. Ceci s'accorde bien avec l'existence des deux glaciations, comme Holst lui-même l'accorde; toutefois, en même temps, dans la direction du Nord, les deux moraines devraient horizontalement devenir indépendantes l'une de l'autre et l'on devrait pouvoir tirer une ligne de démarcation entre l'ancienne et la nouvelle moraine. En réalité, la chose n'est pas possible; dans la direction du Nord, les blocs d'origine baltique diminuent régulièrement, au lieu de disparaître brusquement. D'après Holst, ceci serait l'explication naturelle de l'apparition simultanée de deux fleuves de glace qui, de concert, se fondirent tantôt plus, tantôt moins. (Je ne puis comprendre comment ceci peut s'accorder avec les niveaux des deux moraines de compositions diverses superposées. L'exposé ou la traduction laisse à désirer.)

II. — Après les dépôts non stratifiés, il est question de ceux qui le sont et qui seraient d'âge interglaciaire.

A. *Argile de Lomma*. — Holst conteste son âge interglaciaire, car ce limon n'est pas recouvert d'une moraine. Cette argile est probablement d'âge glaciaire récent.

B. *Dépôts de Klagerup*. — La description de ces formations n'est pas très claire; elles paraissent être constituées par de l'argile avec coquilles d'eau douce et renfermer des végétaux présentant un caractère *très septentrional*. Ces couches seraient effectivement comprises entre deux moraines de fond. D'après Holst, celles-ci ne seraient que les résultantes d'une oscillation du glacier.

c. *Dépôts côtiers du Sund.* — Ces dépôts côtiers sont dépourvus de fossiles, de manière qu'il n'y a rien à dire du climat à l'époque de leur sédimentation. Holst insiste sur leur puissance, qui plaide en faveur de leur apport par des courants très forts et très boueux; c'est ici qu'en première ligne les cours d'eau de fusion sont pris en considération. Les probabilités sont donc plus grandes (Holst) en faveur d'un âge glaciaire qu'en faveur d'un âge interglaciaire. (Tout particulièrement ici et encore souvent ailleurs, j'exprime le regret de voir que le résumé en langue allemande laisse à désirer. Il est trop *succinct* et ne guide pas le lecteur d'une manière satisfaisante.)

III. — Les *Asar* de la partie méridionale de la Scanie sont partiellement recouverts par des moraines de fond. On assure que les *Asar* datent de la première période glaciaire et les moraines de fond de la seconde. D'après Holst, ils sont l'un et l'autre en connexion avec le fleuve glaciaire baltique, comme phase du grand glacier; le recouvrement par la moraine est trop incomplet pour être le résultat d'une glaciation nouvelle. (Je me suis ici demandé si Holst n'aurait pas été amené à exposer d'une manière un peu partielle les idées qu'il combat, pour se faciliter ainsi la besogne. Il est possible aussi que la façon dont la traduction a été faite m'ait laissé cette impression.)

IV. — *La mer de glace Baltique proprement dite.* — Sur la terre ferme — tout particulièrement d'après De Geer — celle-ci n'aurait pas dépassé le lac Wener, Slätbaken sur la côte suédoise et Hangö-Udde sur la côte finlandaise de la mer Baltique, c'est-à-dire l'extrémité Sud-Ouest de la Finlande; au milieu de la mer Baltique, elle se serait étendue beaucoup plus loin, même jusqu'au Jutland. Son axe aurait été plus long de 1 000 kilomètres que ses ailes; on ne peut nier qu'en ceci il y ait quelque chose de contradictoire. Ensuite le fond de la mer Baltique est très régulier; dans le voisinage de l'île de Gotland, elle est même beaucoup plus profonde que plus loin au Sud-Ouest, de manière que la partie inférieure de la glace a dû se mouvoir de bas en haut, ce qui fait supposer que son épaisseur était considérable.

Holst a observé lui-même que le Glacier groenlandais diminue rapidement d'épaisseur du centre vers la périphérie, et l'on peut en inférer que tel était également le cas pour le Glacier quaternaire. Il s'ensuit que Holst, en ceci, est en contradiction avec les données de De Geer, attribuant une épaisseur réduite au fleuve de glace baltique à Bornholm et en Scanie, de manière qu'il ne pouvait s'étendre que sur les parties les plus basses et les plus unies de la Scanie et à peine de 60 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer. Ce qui

ne l'empêchait pas de s'étendre à 200 kilomètres plus loin, jusqu'au Jutland.

Je me demandai ici si les géologues suédois, et également les autres, ont suffisamment bien distingué les *différentes phases* de la glaciation, ce qui, en vérité, n'est pas facile.

D'après De Geer, pendant la dernière période glaciaire, la province de Smaland était dépourvue de glace. Cependant, d'après Holst, la moraine de fond, baltique, contient en Scanie beaucoup d'erratiques d'origine smalandaise, beaucoup plus même que ceux originaires de l'île d'Aland, et cependant cette île s'est trouvée au milieu du courant de glace. D'après moi, il est fort possible que De Geer, dans plusieurs cas particuliers, n'ait pas raison; mais ces erreurs ne font pas chavirer la théorie interglaciaire. Il y a, d'après moi, beaucoup à dire au sujet des déductions de Holst : Dans le cas où le courant de glace baltique avait ses limites sur la terre ferme, près du lac Wener, près de Slätbaken sur la côte suédoise, et près de Hangö-Udde sur la côte finlandaise, il devait avoir perdu sa force de translation dans les profondeurs de la mer Baltique, bien avant d'atteindre la Scanie ou le Jutland. Et, inversement, le Glacier, lorsqu'il atteignait le Jutland, était si épais qu'il n'aurait pu s'arrêter sur la ligne indiquée plus haut.

V. — *Les moraines terminales.* — La moraine terminale du glacier baltique est sévèrement critiquée par Holst. La partie qui se trouve en Finlande n'est pas une moraine terminale, mais est formée de deux collines de gravier parallèles que l'on doit considérer comme des *asars* transversaux. La plus méridionale est la célèbre Salpausselka, qui parfois atteint 2 kilomètres de largeur et qui parfois est si étroite que sa crête est entièrement occupée par un chemin vicinal; par places, elle disparaît même complètement. Les deux collines sont nettement stratifiées et distantes l'une de l'autre de 12 kilomètres.

Sederholm, qui les considère comme des moraines terminales, fait remarquer que l'une d'elles se prolonge dans les petites îles de l'archipel des Scheeren, au loin dans la mer Baltique. Holst fait usage de cela pour faire remarquer qu'un glacier, cerné ainsi par des moraines terminales, n'a pu d'aucune manière se prolonger jusqu'au Jutland.

Dans les provinces suédoises de Götland oriental et occidental et de Dalsland, la grande moraine terminale laisse également beaucoup à désirer. Dans la première de ces provinces, son existence est passablement incertaine d'après De Geer.

Dans le Götland occidental au contraire, autour du lac Wener, la moraine terminale affecte la forme d'un arc de cercle, mais sa hauteur

atteint rarement 10 mètres, de manière que Holst ne la relie qu'à peine à une phase de retrait du glacier.

En Norvège, la grande moraine terminale en question est bien nette et bien complète; mais tel est le cas (Holst) dans presque toutes les vallées norvégiennes. On ne peut cependant relier toutes ces parties entre elles, car il est très probable que dans les diverses vallées, la fusion de la glace ne s'est pas faite simultanément.

Comme conclusion finale, Holst est donc d'avis que la soi-disant moraine terminale baltique est formée de parties dissemblables, qui parfois paraissent se trouver dans le même prolongement, mais ne forment pas pour cela un tout.

VI. — On aurait pu s'attendre à ce que la surface du *sol* dans l'*intérieur* et à l'*extérieur* de la grande *moraine terminale* fût fort différente. A l'extérieur, il devrait y avoir une moraine inférieure et une moraine intérieure (v. p. 520), et à l'intérieur, naturellement, deux de chacune d'elles. Jusqu'à présent, on n'a fait aucune tentative pour contrôler ces faits et aucune différence ne se montre des deux côtés.

VII. — *Dépôts interglaciaires* ailleurs qu'en Scanie. Bien au loin dans l'intérieur, à 500 kilomètres de la bonne moraine terminale, entourant le lac Wener, on aurait trouvé des dépôts d'âge interglaciaire.

a) A Frösö, en Jemtland, une puissante moraine de fond, épaisse de 5 à 7 mètres, repose sur une couche de 15 mètres d'argile sans cailloux, dans laquelle on a trouvé des mousses. Holst soutient que cette argile n'est pas nécessairement d'âge interglaciaire, mais qu'elle peut très bien avoir été recouverte d'une moraine de fond pendant une oscillation du glacier. Il ne paraît pas y avoir de moraine de fond sous ce limon.

b) A Hernösand, sur le golfe de Bothnie, se trouve une couche d'argile, recouverte d'une moraine de fond épaisse de 5 mètres. Cette argile renferme des Diatomées, des mousses et quelques fougères. Holst soutient que cette flore est postglaciaire et que la moraine la recouvre accidentellement, à la suite d'un glissement par exemple. Cette explication me paraît bien problématique.

La conclusion finale de l'auteur est qu'en Suède, en différents points, il y a incontestablement des dépôts compris entre des moraines (intramorainiques), mais qu'il n'y en a pas d'« interglaciaires », qu'il n'y a par conséquent aucun motif pour admettre deux périodes glaciaires en Suède.

Mon impression est, après la lecture de cet opusculé allemand traduit par le Dr W. Wolff, qu'il est trop succinct pour se faire une opinion

approfondie sur les assertions et les conclusions de l'auteur. Toutefois, l'auteur a, d'après moi, fait chose utile en critiquant sérieusement ce qui généralement est accepté sans examen ultérieur; entretemps, il paraît que plusieurs vues ne pourront supporter l'épreuve de cette critique.

Toutefois, la Suède n'est pas seule, et le problème de la pluralité des périodes glaciaires ne peut être résolu en Suède seule. Les recherches si consciencieuses de Penck dans les Alpes prouvent très clairement qu'il y eut trois ou quatre périodes glaciaires, et la probabilité que la Scandinavie a suivi la même allure est si grande qu'elle frise la certitude. La lecture de l'œuvre de Holst m'a convaincu d'une chose : c'est que beaucoup de géologues, y compris Holst lui-même, s'emballent trop vite. Tout comme chez nous!

Personnellement, je connais très peu la Scandinavie, mes études se bornent au Danemark. Lors de mon voyage en 1895, je rentrai avec l'impression de ce paysage morainique beaucoup plus accidenté, qui paraît plus jeune et plus frais que dans mon pays. La transition est très forte à Neumünster, entre Hambourg et Kiel, où le contraste entre le vieux paysage morainique, ruiné et effondré du côté de l'Ouest, et celui de l'Est, si jeune et si fort, me laissa une impression inoubliable. Et cette impression n'a pas disparu à la suite de la lecture de l'écrit polémique de Holst, tout intéressant qu'il soit.

III

Holst commence son second mémoire en exprimant une plainte : il constate qu'aussi sur le terrain de la science, on a un faible pour les idées modernes. Une nouvelle manière de voir prend facilement pied dans un pays, surtout lorsque dans un autre pays elle est généralement admise, soit en réalité, soit en apparence. C'est pour ce motif, d'après Holst, que tout particulièrement l'hypothèse de deux ou de plusieurs périodes glaciaires en Suède fut facilement acceptée, quoique jamais elle n'ait subi l'épreuve des faits.

Il y a beaucoup de vrai dans cette plainte; en effet, je constatai souvent que mes compatriotes géographes acceptaient sans examen et sans critique de nouvelles manières de voir, et cela soi-disant pour rester à la hauteur.

Le mémoire III nous fournit une preuve palpable de la justesse de cette observation. La manière de voir de Holst (une période glaciaire) est plus récente que la précédente (deux, trois et quatre périodes gla-

ciaires), et c'est probablement par suite de cette circonstance qu'elle fut acceptée sur-le-champ par le Prof^r Geinitz, de Rostock.

L'opuscule dont je vais donner un aperçu raisonné est très utile, parce qu'il résume tout ce qui a été écrit dans le Nord de l'Allemagne et en Danemark sur les trouvailles interglaciaires. Il y a cependant beaucoup d'ivraie mêlée au bon grain. Petit à petit, je fus frappé de voir combien telle ou telle coupe ou superposition de couches est absolument incapable de contribuer à résoudre la question.

Un certain nombre de faits sont incertains; je veux en parler pour en arriver enfin aux cas ayant une signification satisfaisante pour asseoir un jugement, pour autant, bien entendu, que cela soit possible.

Certainement, d'ici à longtemps tout ne sera pas tiré au clair. Geinitz signale comment certains observateurs considèrent comme interglaciaires des couches au sujet desquelles d'autres donnent une tout autre interprétation. La synchronisation de couches situées en différents points laisse beaucoup à désirer. Ceci est certainement la vérité et provient de ce que beaucoup s'emporent trop vite; en tous cas, ce fait n'est d'aucune manière un argument contre l'interglacialisme.

Acceptant comme un axiome ce que Holst croit avoir prouvé pour la Suède, Geinitz tâche de prouver la même chose pour l'Allemagne du Nord.

Je regrette que l'auteur n'ait pas groupé les différentes coupes; je tâcherai de combler cette lacune et de les distinguer en quatre séries, dont la dernière est seule propre à donner une solution à la question.

Dans le premier groupe, je place les cas où le *sous-sol* n'est pas connu avec certitude et où les dépôts *peuvent* donc être considérés comme préglaciaires. Trois exemples me suffisent, et je donne ici les couches dans leur ordre de haut en bas.

1° Près Rathenow (au W.-N.-W. de Berlin) : argile à blocaux (G²), sable diluvien inférieur avec coquilles d'eau douce, absolument celles qui vivent à présent, plus une espèce éteinte, *Paludina diluviana*. D'après Wahnschaffe, cette argile à blocaux est celle de la glaciation principale, considérée comme la seconde des trois périodes.

2° Stade sur le Bas-Elbe. Dans une tranchée de chemin de fer (de 1879), dans le Mont-Noir près Stade, se trouvent un certain nombre de couches fortement redressées, dont les rapports stratigraphiques sont l'objet de divergences de vues. Trois d'entre elles sont des argiles à blocaux; trois autres bancs d'argile contiennent une faune arctique bien déterminée (avec *Saxicava arctica* et *S. pholadis*, *Modiolaria corru-*

gata, *Yoldia arctica* et *Y. intermedia*, *Cylichna propinqua* et des Foraminifères). Une quatrième couche fossilifère est d'une très grande importance; elle a à peine 1 décimètre d'épaisseur et est entièrement formée de l'huître commune, *Ostrea edulis*, ce qui indique un climat analogue au nôtre.

Schröder admet que les bancs d'argile arctiques ont pu se déposer à petite distance de la limite du glacier, et que la couche d'huîtres indique une période interglaciaire, probablement la première. Je me rallie complètement à cette manière de voir, d'autant plus que cet observateur émet plus loin (voir p. 335) une opinion différente que je ne puis admettre.

3° Au cas précédent se rapporte bien celui d'une petite argillère située près de Burg, à l'embouchure de l'Elbe, dont voici la coupe :

Sable supérieur et amas de cailloux.	2 ^m ,00
Argile avec faune marine tempérée	5,00
Argile avec faune marine boréale, <i>Leda pernula</i> , etc., et renfermant du sable et des cailloux	3,00

Cette coupe est incomplète, mais n'en donne pas moins un contraste très net entre les deux faunes de caractères différents. Probablement est-elle I¹ (premier Interglaciaire).

Au deuxième groupe de coupes, je rattache celles dont la couche supérieure n'est pas bien déterminée, ce qui n'exclut nullement une interprétation *postglaciaire* :

1° Couche de tourbe à Klinge près Kottbus (entre Francfort-sur-l'Oder et Dresde) : sable et argile; couche de tourbe supérieure remaniée; argile; couche de tourbe inférieure intacte; argile; gravier et cailloux d'origine septentrionale et indigène. C'est le Diluvium entremêlé. Dans la couche de tourbe inférieure, on trouve de nombreux débris de végétaux indiquant un climat tempéré. Associés à ceux-ci sont des ossements d'animaux : Renne, Rhinocéros et Mammouth, n'indiquant pas précisément un climat tempéré. Ces ossements gisent dans la partie supérieure de la tourbe, et au-dessus de celle-ci, dans un banc de glaise, se trouve le bouleau nain (*Betula nana*). Il y a bien quelque motif pour considérer cette tourbe comme d'âge interglaciaire, quoique l'opinion postglaciaire puisse être également défendue.

2° Couche de tourbe à Gross Bornholt, près du canal de jonction des mers du Nord et Baltique : couche de tourbe récente; sable avec linéoles de tourbe; couche moyenne de tourbe par amas, séparés par du

sable; sable avec linéoles de tourbe; couche de tourbe inférieure, d'une venue; sable stratifié avec *Bythinia*; argile à blocaux. On invoque surtout en faveur de l'hypothèse interglaciaire le singulier morcellement de la couche tourbeuse moyenne, que l'on considère comme l'une de ces nombreuses perturbations produites dans le sol par le glacier. Geinitz leur donne pour cause les glaçons d'hiver.

5° *Faune marine* à Elbing, en Prusse occidentale. En ce point, on a observé :

Argile à Cyprines	10 ^m ,00
Argile à <i>Yoldia</i>	8,00 à 10,00
Argile sans fossiles	5,00
Sable et tourbe	0,50
Argile à blocaux.	0,30
Sable et linéoles de tourbe	15,00 à 20,00

Généralement, on considère l'argile caillouteuse comme G¹ (1), de manière que les deux faunes arctique et tempérée seraient Î¹ (2). Par elle-même, cette coupe ne dit rien, mais elle peut être reliée à d'autres.

Je range dans mon troisième groupe les coupes dont le sol et le sous-sol sont connus d'une manière satisfaisante, mais dont les faunes laissent subsister des doutes.

1° Forage à Gwilden, près Memel, en Prusse orientale :

Sable et gravier	1 ^m ,00
Argile à blocaux.	2,00
Sable diluvien	6,00 à 8,00
Tourbe	0,50 à 1,00
Sable diluvien et gravier.	

On fait dater ces derniers de l'avant-dernière glaciation G².

Quant à la flore de la couche tourbeuse, on n'en dit mot et l'on ne sait si elle est arctique ou tempérée, de manière que l'on peut conclure aussi bien à une oscillation à longue période du glacier qu'à une période interglaciaire.

(1) La première période glaciaire.

(2) Premier Interglaciaire.

2° Graudenz-sur-Vistule, en aval de Bromberg :

Sable diluvien et gravier.	
Argile à végétaux jusqu'à	3 ^m ,00
Sable et marne, avec Diatomées et coquilles	1,00 à 2,00
Gravier diluvien	48,00
Argile à blocaux.	

La couche à Diatomées est considérée comme 1^a (1). On est muet au sujet du climat.

3° Rixdorf, près Berlin, endroit classique par les découvertes qui y furent faites :

Argile à blocaux (probablement G ³)	2 ^m ,00 à 5,00
Puissantes couches de sable et de gravier à la base des- quelles furent trouvés les ossements bien connus de Mammifères.	
Argile à blocaux (probablement G ²).	

Geinitz s'abstient de nous donner l'énumération de ces Mammifères, de manière que le rappel de cette coupe est sans utilité. La part du lion, dans ces ossements, appartient à *Elephas primigenius*. On y a encore trouvé :

Rhinoceros tichorinus.

Rangifer groenlandicus (une autre espèce que le *Rangifer tarandus*
ou Renne commun).

Ovibos fossilis.

Canis lagopus (Renard polaire).

Ceux-ci, d'une part, révèlent un climat arctique, tandis que, d'autre part, les suivants indiquent un climat tempéré, tels que :

Elephas antiquus.

Rhinoceros leptorhinus.

Chevaux sauvages.

Megaceros hibernicus (Cerf géant).

Fait capital, il y a ici mélange de deux faunes (peut-être accidentel), de manière que de ce cas on ne peut déduire aucune conclusion.

(1) 1^{re} Deuxième Interglaciaire.

Le quatrième groupe de coupes a le plus d'importance pour arriver à une solution possible de la question. Il comprend une couche fossilifère bien étudiée entre deux couches d'argile à blocaux. Aussi l'examinerai-je à fond.

1° Forage de Rüdersdorf :

Argile à blocaux (G ²)	30 ^m ,00
Dépôts d'eau douce	65,00
Argile à blocaux (G ¹)	16,00

En un autre point, cette dernière couche a 27 mètres. Dans la couche moyenne, il y a un banc de coquilles d'eau douce, parmi lesquelles *Paludina diluviana*; cette faune révèle un climat tempéré.

2° Couche fossilifère d'eau douce à Zeuchfeld, au Sud-Ouest de Berlin, dans un ancien lit de la rivière Unstrut :

Limon et gravier.	
Argile à blocaux	0 ^m ,50
Couche avec Hélices d'eau douce	0,50
Argile à blocaux (au moins)	1,00
Sable et tourbe.	
Gravier avec <i>Melanopsis</i> .	
Sable et argile.	

La couche inférieure à Hélices est probablement I¹ et la supérieure I²; sa faune est d'un climat tempéré. Comme exactitude de description, ce cas laisse à désirer.

3° Les couches à Diatomées de la bruyère de Luneburg :

Sable caillouteux	de 0 ^m ,50 à 1 ^m ,00
Sable diluvien	de 3,00 à 6,00
Terre à Diatomées ou tripoli.	
Sable diluvien grossier.	

Les Diatomées, les Poissons et les Plantes sont ceux de l'Allemagne actuelle. De formes septentrionales ou arctiques, il n'est pas question.

4° Trälle-Klint, près Fredericia, sur le Petit-Belt. En cinq points, on a mis à découvert de grandes masses de tripoli et d'un calcaire d'eau douce.

Argile à blocaux	3,00 à 4 ^m ,00
Sable stratifié	9,00 à 16,00
Terre à Diatomées	1,00
Calcaire d'eau douce	6,00 à 10,00
Argile à blocaux	2,00 à 4,00

Ces couches sont considérées comme I²; toutes les Diatomées (d'eau douce) et plantes supérieures, coquilles et animaux vertébrés, sauf ceux dont l'espèce est éteinte, ont vécu dans un climat tempéré, comme l'est actuellement celui du Danemark.

5° Suchau, en Prusse occidentale, au Nord de Bromberg :

Sable de vallée	3 ^m ,00
Argile à blocaux (G ³)	2,00
Sable interglaciaire avec coquilles d'eau douce	11,00
Argile à blocaux (G ²).	

Tous les Mollusques révèlent un climat analogue à celui de notre époque.

Suivent alors les découvertes de coquilles marines, qui se trouvent dans la région côtière actuelle largement comptée et quelques golfes, comme ceux de l'Elbe et de la Vistule. Geinitz fait la très juste remarque que ces gisements circonscrits apportent un argument sérieux contre la vieille hypothèse du *drift* ou des glaces flottantes, d'après laquelle on aurait dû les trouver sur toute la région glaciaire.

6° Forages à Hambourg.

a) Sable	12 ^m ,00
Argile à blocaux G ²	33,00
Sable et argile avec faune marine	27,00
Argile avec débris d'origine septentrionale	120,00
b) Argile à blocaux G ²	21 ^m ,00
Sable et argile avec faune marine	18,00
Argile, sable et gravier d'origine septentrionale, diluvium stratifié.	145,00
Argile à blocaux G ¹	5,00
c) Argile à blocaux G ²	20 ^m ,00
Sable et marne.	30,00
Sable et argile avec faune marine	21,00
Marne, sable et gravier avec débris d'origine septentrionale. Diluvium stratifié.	61,00
d) Sable et gravier	9 ^m ,00
Argile à blocaux G ²	23,00
Sable	11,00
Sable avec beaucoup de <i>Mytilus</i> et <i>Tellina</i>	3,00
Sable, limon et gravier avec débris d'origine scandinave. Diluvium stratifié	87,00
Argile à blocaux G ¹	22,00
Tertiaire	34,00

Cette faune marine n'est pas encore bien connue; toutefois, on peut en dire qu'elle n'est pas arctique.

D'après Gottsche, l'argile à blocaux supérieure, vu son épaisseur considérable, daterait de l'avant-dernière ou glaciation principale, et la faune marine aurait vécu pendant la première période interglaciaire. Je crois avec Zeise que cette observation est juste, quoiqu'elle ne soit pas formellement démontrée. Geinitz fait remarquer que dans chaque cas spécial, on n'a jamais trouvé trois couches d'argile à blocaux, ce qui, d'après moi, est tout naturel, vu que probablement la dernière glaciation ne s'est pas étendue jusqu'à Hambourg. Ce qui est très important, c'est que la faune des Mollusques ne soit pas arctique et qu'elle corresponde à la faune actuelle de la mer du Nord.

7° Ile d'Alsen, dans le Petit-Belt :

Argile à blocaux G ³	2 ^m ,00 à 3 ^m ,00
Argile à Cyprines sans cailloux.	
Argile à blocaux G ² jusqu'à	14,00

Dans l'argile à Cyprines, il y avait des coquilles de *Cyprina islandica* altérées et beaucoup de Diatomées, favorables à un climat tempéré.

8° Ile d'Aroë dans le Petit-Belt :

Argile à blocaux III.	2 ^m ,00 à 3 ^m ,00
Sable diluvien	4,00 à 5,00
Argile à Cyprines avec coquilles et Foraminifères de climat tempéré, I ² .	
Argile à blocaux G ² et gravier.	

9° Sondage à Oldensloe en Holstein :

Argile à blocaux	12 ^m ,50
Marne et sable	11,00
Argile à blocaux	1,00
Sable et argile, Interglaciaire.	23,00
Argile à blocaux	66,00
Sable et gravier	12,00

Il est probable que les deux couches supérieures d'argiles caillouteuses doivent être considérées comme appartenant à la troisième période glaciaire et que ce dédoublement est le résultat d'une oscillation, interprétation contre laquelle je n'ai aucune objection à présenter. L'argile

à blocaux inférieure serait donc G², et l'interglaciaire également I². Ce dernier contient des coquilles d'eau saumâtre, des Ostracodes (1), des Diatomées et des Végétaux de climat tempéré.

10° Marienburg, au Sud-Ouest d'Elbing :

Argile à blocaux, de	14 ^m ,00 à 20 ^m ,00
Sable avec faune marine tempérée	15,00
Sable diluvien d'origine septentrionale	2,00
Marne et sable	6,00

Jentsch rapporte la faune marine bien conservée à la seconde et Wahnschaffe à la première période glaciaire; ce qui, *ici*, importe peu.

11° Marienwerder, sur la Basse-Vistule :

Argile à blocaux, sable avec beaucoup de coquilles qui, probablement comme « moraine locale », ont été remaniées à proximité du fond de la mer ou d'un banc coquillier . .	19 ^m ,00
Sable et gravier avec peu de coquilles	8,00
Marne sans coquilles	2,50
Argile à blocaux, coquillière à la partie inférieure	3,00
Sable et gravier avec beaucoup de coquilles appartenant à la faune actuelle de la mer du Nord, plus <i>Yoldia arctica</i> .	8,00
Deux petites couches d'argile à blocaux	0,15
Gravier, sable et argile sans coquilles	6,00

Cette coupe n'est pas tout à fait incontestable, parce qu'elle est formée de plusieurs petites coupes; sauf cette réserve, elle se raccorde bien aux précédentes.

Je puis encore ajouter les détails ci-après, tirés de la notice n° IV :

12° Le banc d'huitres de Blankenese, près de Hambourg :

Sable et limon	2 ^m ,50
Sable avec coquilles d'huitres	0,70
Gros gravier	2,00
Argile coquillière	2,40
Sable fin avec peu de débris d'origine septentrionale . . .	22,00

13° Süderholz :

Argile à blocaux	10 ^m ,00
Argile à Cyprines.	
Argile à blocaux.	

(1) Ordre de petits Crustacés.

14° Tarbeck, à l'Est de Neumunster :

Banc d'huîtres, déjà décrit en 1835, considéré d'abord
comme préglaciaire, puis comme I².

Argile à blocaux (probablement G²) 1^m,60

Banc d'huîtres.

Sable avec débris septentrionaux, cailloux, etc., provenant
probablement de l'argile à blocaux G² (?).

IV

Gottsche, à la fin du mémoire n° IV, en arrive à la conclusion que l'existence d'une faune préglaciaire en Sleswig-Holstein n'est pas prouvée d'une manière certaine et que l'on peut accepter l'existence de deux faunes marines différentes (I¹ et I²) d'âge interglaciaire. D'après Sars (*Mollusca Regionis Arcticæ*), il distingue dans le Diluvium :

1° Une faune arctique comme celle qui vit actuellement sur les côtes du Groenland, de l'Islande et du Spitzberg. Ses espèces caractéristiques sont : *Yoldia arctica* et *Tellina calcarea*;

2° Une faune boréale, comme celle qui vit aux Loffoden et sur les côtes de Finmark, donc en Norvège, au Nord du cercle polaire; ses espèces caractéristiques sont : *Leda pernula*, *Axinopsis orbicularis*, *Cyrtodaria siliqua* et *Natica Groenlandica*;

3° Une faune tempérée dont le caractère est très uniforme, malgré les différences que présentent les couches sédimentaires. A ce niveau appartiennent les bancs d'huîtres, l'argile à Cyprines, etc.; dans cette dernière, on trouve fréquemment la *Cyprina Islandica*, mais elle n'est pas caractéristique de ce groupe, car on la rencontre aussi dans le précédent. Les caractéristiques sont *Ostrea edulis* et *Nassa reticulata*.

Le géologue danois Madsen, après examen des Foraminifères, a de même proposé un groupement des faunes comme suit :

- | | | |
|-------------------------------|---|-----------------------|
| A. Faune tempérée. | } | 1. Facies plus chaud. |
| B. Faune arctique ou boréale. | | 2. Facies plus froid. |

Le n° 3 de Gottsche et A1 de Madsen correspondent presque entièrement entre eux, de même que 2 avec A2 et 1 avec B, de manière que, pour en finir, il est certain ou probable que la faune I² de S—H est tempérée et que toutes les faunes qui sont, sûrement ou probablement, I¹, ou préglaciaires, peuvent appartenir aux trois groupes.

Geinitz condense ses conclusions en disant : « En présence d'un grand nombre de découvertes de coquilles remaniées, le chiffre de celles que l'on peut considérer avec certitude comme originales est exceptionnellement petit. » Il me semble que cela est fort exagéré et en même temps mon opinion est que le nombre des dernières, auxquelles se rattachent avec quelques réserves mes deux premières catégories (comme troupes de secours irrégulières), est suffisant pour prendre une décision.

D'après Geinitz, il est inutile de penser à des périodes interglaciaires bien déterminées, indépendantes, et l'on peut tout expliquer par de grandes oscillations du bord du glacier pendant une seule époque glaciaire. Il en appelle pour cela au géologue bien connu, le Dr Henry Schröder, qui s'exprime ainsi : *La grande parenté de la faune (tempérée) diluviale avec celle de nos jours rend l'existence d'un climat tempéré possible; prouvé, il ne l'est pas, car les espèces prises dans leur ensemble s'avancent loin vers le Nord. De même, les différences entre la faune actuelle de la mer du Nord et l'ancienne faune arctique ne sont pas suffisantes pour imprimer un caractère interglaciaire à la première.* Il me paraît aller trop loin et se met en contradiction avec lui-même (voir p. 521).

Avant d'en arriver moi-même à une conclusion, je donnerai, d'après J.-G. Jeffreys (*British Conchology*), les limites extrêmes entre lesquelles les espèces de la faune diluvienne de la mer du Nord se rencontrent. Le jugement final reposera donc sur des bases plus sûres :

1. *Cardium edule* L. : Islande, Laponie russe et la mer Égée.
2. *Cardium echinatum* L. : Groenland, les Féroë, la mer Égée et les Canaries.
3. *Tellina solidula* Forbes et Hanley = *Tellina balthica* L. : Kamschatka, mer Blanche, Nouvelle-Zemble, Espagne, Sicile.
4. *Corbula gibba* Olivi : Loffoden, mer Égée et Canaries.
5. *Mactra subtruncata* Da Costa : Finmark, Sicile.
6. *Scrobicularia piperata* Gmel : Bergen en Norvège, Malaga, Sicile.
7. *Tapes virginea* L. : Norvège septentrionale, mer Égée. (Paraît plutôt une espèce méridionale que septentrionale.)
8. *Cyprina islandica* L. : Toutes les mers du Nord de l'Europe et de l'Amérique, jusqu'au Boulonnais et Cherbourg.
9. *Ostrea edulis* L. : De l'Islande à Naples et dans la mer Adriatique ; ne se trouve pas sur les côtes du Groenland.
10. *Mytilus edulis* L. : Du cercle polaire au Maroc et dans la mer Égée.
11. *Nassa reticulata* L. : Drontheim, Méditerranée, Adriatique et mer Noire.
12. *Cerithium reticulatum* Da Costa : Loffoden, Canaries et mer Égée.
13. *Littorina littorea* L. : Groenland et mer Blanche, jusqu'à Lisbonne.
14. *Scalaria communis* Lam. : Finmark, jusqu'aux Canaries, mer Égée.

Il résulte de cet examen qu'aussi bien que Schröder, qui conclut de la faune interglaciaire à la possibilité d'un climat plus froid, je puis conclure à la *possibilité* d'un climat plus chaud. La plupart des espèces ont une large répartition géographique. Les régions les plus circonscrites sont celles des n^{os} 6, 7, 11 et 12, qui certainement n'ont pas un caractère arctique et dont la limite septentrionale est influencée par le Gulfstream. Le n^o 7 est, comme Jeffreys le dit, plutôt une espèce méridionale. D'autre part, le n^o 8 ne dépasse pas le parallèle de Cherbourg. *Summa summarum*; je crois que le plus sûr est de laisser la chose dans son état actuel et de considérer l'importante faune comme identique à l'actuelle sous notre latitude. Il s'ensuit que les conditions climatiques de la période pendant laquelle elle vivait étaient les mêmes que celles dont nous pouvons nous réjouir. L'état du grand glacier ou des glaciers secondaires n'aura pas eu grande différence avec ceux de nos jours et, par suite, il y eut bien deux périodes interglaciaires. Peut-être de nouvelles recherches en Scandinavie fourniront-elles de nouvelles preuves. Le commencement initial et la fin finale de chaque période interglaciaire amenaient un climat arctique et, par là même, une faune arctique; entretemps, il régnait un climat tempéré analogue à l'actuel. L'Interglacialisme n'est pas mort, mais bien vivant.

V

L'auteur du travail n^o V tâche de démontrer que l'Interglacialisme dans l'Allemagne du Nord n'a pas le même caractère que dans les Alpes, de manière qu'en 1886 Dames n'admettait que deux périodes glaciaires et que ce ne fut qu'en 1895 que Keilback introduisit la division ternaïre. Gottsche et Wahnschaffe s'y rallièrent, de même que Madsen en Danemark, tandis qu'en Suède De Geer maintenait les deux périodes. Torell ne s'est jamais prononcé sur cette subdivision; Wright et Upham, dans l'Amérique du Nord, maintinrent sans hésiter l'unitarisme, et Holst et Geinitz se rallièrent à eux, de même que Wolff, qui, en même temps, présenta quelques observations très indépendantes, savoir :

1^o Holst attache une grande importance à ce que des dépôts interglaciaires nettement définis font défaut en Suède. Wolff répond à ceci que la Suède fut complètement rabotée par le glacier et que, par là même, il ne fallait pas s'attendre à y trouver grand'chose (ce que j'admets).

2° Holst. Le glacier s'étend et augmente ainsi sa zone d'alimentation. Tout à la fois son poids comprime l'écorce terrestre, la glace fond plus rapidement et amène ainsi sa propre disparition. Wolff objecte à cela qu'entre la cause et l'effet il s'est écoulé un laps de temps de plusieurs milliers d'années. En supposant que l'écorce terrestre ait la flexibilité voulue pour céder à cette pression, dans ce cas le fait devrait se produire beaucoup plus rapidement. (Je n'ai à faire à cela aucune objection.)

3° Holst. Pendant et après la fusion du glacier se produisit l'affaissement de 280 mètres. Réellement, on devait s'attendre à un soulèvement par suite d'une diminution de pression de haut en bas. Celui-ci se produisit en effet, mais longtemps après. De plus, il trouve que Holst va beaucoup trop loin, car les oscillations du sol pendant la période à Ancylos et à Littorina n'ont affecté que le versant de la mer Baltique et nullement la Norvège. (Pour la troisième fois, je n'ai pas d'objection à présenter!)

4° Les causes qui amenèrent cet affaissement, de même que celles qui provoquèrent le soulèvement précédent, nous sont inconnues, aussi bien que tous ces mouvements importants de l'écorce terrestre. (Je souscris à cela sans restriction.)

Tout cela n'empêche pas que Wolff, ainsi que Holst et Geinitz, et en Belgique van Erthorn, soient sous l'influence de l'hypothèse qu'une surélévation du pays est la cause de la grande extension glaciaire. De même que Holst attribue à cette cause le refroidissement du climat des Alpes, Wolff n'hésite pas à assigner la même cause à l'extension des glaciers du Kalimandscharo et de la Nouvelle-Zélande. (Il suffit d'oser.)

Qu'il me soit permis d'alléguer ici un saut mortel de logique. Wolff, après avoir énoncé son *opinion* qu'un soulèvement continental fut la cause de la glaciation et un affaissement continental celle de la fin de la période glaciaire, dit plus loin : « *Ainsi* un soulèvement continental fut la cause de la glaciation et *ainsi* un affaissement continental celle de la fin de la période glaciaire. » En cherchant *ainsi* à nous faire considérer son hypothèse comme une théorie bien prouvée, l'auteur tend à ses lecteurs un petit piège innocent, dans lequel il me pardonnera de ne pas m'être laissé prendre.

Si on se place au point de vue de Holst et de Wolff, il se pose immédiatement la question suivante : Comment ont pu se produire les grandes oscillations du bord du glacier? Les *Intermorainiques* (ou Unitaristes (une seule période glaciaire), aussi bien que les *Inter-*

glacialistes (trois périodes glaciaires) reconnaissent ces oscillations, mais les derniers leur accordent une bien plus grande signification que ne le font les premiers. Wolff ne s'est guère tiré d'affaire en disant justement : « la Nature n'aime point de pareils exercices ». (A trois reprises un soulèvement de la Scandinavie et à trois reprises un abaissement de ce pays.) Il ne donne aucune explication de ces grandes oscillations.

Geinitz appelle très judicieusement l'attention sur la grande probabilité que la première et la troisième extension glaciaire ne furent pas aussi considérables que la deuxième et qu'il en résulte une unité d'ordre supérieur. Certainement, tous les géologues seront de cet avis quand ils admettront qu'une période quaternaire ou diluviale prend place entre le Pliocène et le Moderne. La question en litige est donc celle-ci : Quelles furent les limites du glacier en retrait et quelles furent les durées de ces phénomènes ? Pour moi, cette question ne recevra jamais de solution ; toutefois, il reste établi qu'ils allèrent de pair avec l'apparition d'une faune marine qui ne diffère pas de la faune actuelle. Lorsque Wolff pose la question : « Pour quel motif les gisements de cette faune sont-ils si rapprochés de la limite du glacier ? » je lui réponds que pour moi cela est aussi naturel que le manque de cette faune en Suède (pays d'érosion). L'affaire peut donc tout entière rester dans l'état actuel, et la science s'est bien trouvée de cette naumachie.



AD. KEMNA

LES RÉCENTES DÉCOUVERTES DE POISSONS FOSSILES PRIMITIFS

- I. — Importance des plus anciens Poissons fossiles.** — 1. Portée théorique, 340. — 2. Prépondérance des formes cuirassées, 341. — 3. Les Coelolépides, 342. — 4. Étrangeté des formes, 343.
- II. — Position zoologique des premiers Poissons fossiles.** — 5. De la nature des classifications, 344. — 6. La classe des Agnathes, 345. — 7. Mœurs des Agnathes actuels; dégénérescence, 348.
- III. — Les Hétérostracés.** — 8. La famille des Ptéraspidés, 350. — 9. La forme et l'habitat des Ptéraspidés, 352. — 10. La situation des branchies de Cyathaspis, 355. — 11. Nature de la carapace des Ptéraspidés, 358. — 12. La famille des Coelolépides, 360. — 13. Le revêtement dermique des Coelolépides, 363. — 14. L'appareil branchial de Thelodus, 365. — 15. La famille des Drépanaspides, 366. — 16. La famille des Psammostéidés, 368. — 17. La composition et les affinités de l'ordre des Hétérostracés, 368.
- IV. — Les Ostéostracés.** — 18. La famille des Céphalaspides, 371. — 19. La famille des Atéléaspides, 372. — 20. Les « membres pectoraux » des Hétérostracés et des Ostéostracés, 372.
- V. — Les Anaspides.** — 21. Le genre Birkenia, 376. — 22. Le genre Lasanius, 378. — 23. L'ordre des Anaspides, 378

Note. — La plupart des gravures sont extraites du *Traité de paléontologie* de A. Smith Woodward (*Cambridge University Press*) et du mémoire de Traquair (*Royal Society Edinburgh*). Ces deux institutions ont obligeamment mis les clichés nécessaires à la disposition de notre Société.

I. — Importance des plus anciens Poissons fossiles.

1. — *Portée théorique.* — Les Poissons fossiles du Silurien et du Devonien sont parmi les objets les plus intéressants de la paléontologie. Premiers représentants, sur la scène du monde, de l'embranchement supérieur du règne animal, ils doivent intervenir à titre de documents importants dans toutes les discussions sur l'origine et l'évolution des Vertébrés. Ils ont été minutieusement décrits quant à leur anatomie, étudiés consciencieusement quant à leur situation stratigraphique. Cette connaissance exacte est absolument indispensable ; elle est la condition nécessaire de toute connaissance scientifique ; mais elle est la besogne naturellement dévolue aux spécialistes. Nous porterons plus particulièrement notre attention sur le côté théorique, sur la signification de ces faits en fonction des problèmes qui occupent les penseurs. Par là, ces faits acquièrent un intérêt intellectuel.

Nous serons d'autant plus justifiés à agir ainsi, que l'on n'a pas, à ce qu'il semble, tiré de ces faits tout ce qu'ils peuvent donner. Ils ont parfois été quelque peu négligés. Gegenbaur, par exemple, que l'on peut à juste titre considérer comme le créateur de la morphologie moderne des Vertébrés, les mentionne à peine, même dans son récent *Traité* (1898-1901). Combien il a eu tort ressortira à toute évidence de la circonstance que nous pourrions lui fournir des arguments nouveaux pour quelques-unes de ses thèses les plus importantes ; arguments qu'il aurait certainement trouvés lui-même s'il s'était donné la peine d'appliquer à ces objets sa perspicacité reconnue.

D'autres fois, les faits sont retenus, ont été examinés en fonction de vues théoriques ; mais on peut alors se demander s'ils ont été utilisés de la bonne façon. Par exemple, il y a eu de nombreuses hypothèses sur l'origine des Vertébrés ; la liste est longue des formes invertébrées qui ont été proposées comme ancêtres, et il serait plus court d'énumérer celles qui ne l'ont pas été. Et précisément quelques-unes des théories les plus étranges et les moins acceptées s'appuient tout spécialement sur ces Poissons primitifs. Nous faisons allusion aux hypothèses de Gaskell et de Patten sur les rapports entre Vertébrés et Arthropodes (Limules et Trilobites).

Nous pensons que l'on peut considérer le groupe des Hétérostracés, limité au Silurien et au Devonien, comme représentant d'assez près les Craniotes primitifs. Nous assistons à la genèse du tissu osseux et nous pouvons, dans ses grandes lignes, comprendre cette genèse. Grâce à

une circonstance favorable, nous connaissons l'histologie de ces Poissons primitifs au moins aussi bien que celle des Poissons vivants; cette structure est des plus curieuses et des plus suggestives. Dans le cours de la fossilisation, il y a eu souvent un dépôt de manganèse dans les cavités microscopiques; la nature s'est chargée de réaliser d'admirables injections, noir sur blanc, qui feraient l'orgueil d'un technicien. Les découvertes récentes de fossiles anglais, décrits par Traquair (1899), nous ont donné pour ces pièces squelettiques une série presque complète, parfaitement graduée et dont la signification phylogénique est aussi claire qu'on puisse le désirer, mais à condition d'accorder aux faits leur valeur directe et de ne pas suivre Traquair lui-même, qui me semble les interpréter à rebours. Ces mêmes découvertes portent également sur l'origine des membres pairs, question à l'ordre du jour et des plus complexes.

2. — *Prépondérance des formes cuirassées.* — Cette première faune de Poissons est remarquable par le grand nombre de formes à carapace. Mais il y a là probablement une illusion d'optique. Les parties dures se prêtent facilement à la fossilisation, ce qui fait que seuls les cuirassés sont venus jusqu'à nous, tandis que les espèces non protégées par une armature osseuse ont disparu sans laisser de traces. La faune fossile est donc loin de nous donner une idée réelle de ce qui existait.

Il est fort possible pourtant qu'il y ait eu au début une proportion de Poissons armés, notablement plus forte que plus tard. Newberry (1) remarque que la particularité la plus frappante des Élasmobranches du Carbonifère est la présence très fréquente d'épines défensives; il y a dix fois plus de variétés de formes pour ces épines dans le Carbonifère que dans tous les autres systèmes géologiques réunis; c'était donc la mode à cette époque, tout comme il y a un siècle le port de l'épée était d'usage général. Alors, qui n'avait pas d'arme ou ne savait pas s'en servir se trouvait en état d'infériorité vis-à-vis des autres. Newberry arrive, par un raisonnement ingénieux, à établir la quasi-généralité des épines; il suffit, en effet, pour arriver à cette conclusion, de constater qu'il n'y a pas plus de variété dans les autres restes d'Élasmobranches, tubercules dermiques et dents. Nous pourrions conclure à l'existence, soit de cinquante espèces par les tubercules et de cinquante par les dents; mais comme nous trouvons cent sortes d'épines, il faut bien que toutes les cent espèces aient été armées.

(1) J. S. NEWBERRY, *Palaeozoic Fishes of N. America*, 1889, p. 79.

La faune actuelle des Élasmobranches montre incontestablement une forte réduction de ces armures. Nos Requins n'en sont pas moins redoutables. Le plus formidable carnassier qui ait jamais tyrannisé les mers est probablement le *Carcharodon megalodon* du Tertiaire, avec des dents grandes comme la main : il était autrement inerme. Les chevaliers bardés de fer du moyen âge, encaparaçonnés comme *Pterichthys*, opposaient la résistance passive de leur enveloppe à la lance, la fronde ou la massue. Ils n'ont pu tenir contre les armes à feu. Ils ont tôt fait d'abandonner leur lourd accoutrement pour plus de célérité et une tactique de combat plus intelligente. Les Poissons cuirassés ont été remplacés dans leur situation dominante par ceux qui avaient substitué à la défensive une offensive énergique, qui s'étaient munis d'une puissante dentition et faisaient preuve d'activité et d'intelligence.

Ces intéressantes remarques de Newberry trouveraient facilement une confirmation dans d'autres groupes animaux : Les Amphibies primitifs (Stégocéphales) avaient un revêtement d'écailles, au moins sur le ventre ; la coquille nautiloïde des Céphalopodes, énorme chez les Ammonites, est devenue le rudimentaire os de seiche sur lequel les canaris aiguisent leur bec.

3. — *Les Coelolépides*. — Quand le revêtement dermique constitue une cuirasse cohérente, une carapace continue, la fossilisation nous conserve l'animal entier dans sa forme et ses contours. Au contraire, si les parties dures sont des tubercules isolés, de faible dimension, non soudés entre eux, la fossilisation les conserve encore, mais dispersés. On connaît depuis longtemps, dans les couches siluriennes et devoniennes, des masses considérables de pareils tubercules. Agassiz en a décrits en 1855. Pander (1856) les a systématiquement étudiés et en a fait le groupe des Coelolépides (1). Le nom rappelle une particularité caractéristique : la présence au centre, d'une cavité, généralement ouverte à l'extérieur sur la face inférieure. Il y a une base et une partie supérieure, séparées par une constriction annulaire horizontale. Leur variété de forme est très grande.

Quand on trouve un débris fossile, on se demande naturellement à quel animal il a bien pu appartenir. Le paléontologiste qui ne se poserait pas cette question donnerait une singulière idée de son esprit scientifique. Mais ici, ce n'est pas le cas de dire que « poser la question,

(1) PANDER, *Monogr. foss. Fische Silur. Systems Russ-balt. Gouvern. Saint-Petersbourg*, 1856. — ROHON, *Obersil. Fische von Oesel* (II, MÉM. AC. SAINT-PÉTERSBOURG, 1893).

c'est la résoudre ». Les éléments sont insuffisants pour asseoir une opinion avec quelque certitude. Pourtant, ces questions ne restent jamais sans réponse. Certaines ressemblances avec les écailles placoides des Requins les ont fait attribuer à ce groupe zoologique. Dans les mêmes couches, on trouve souvent des épines détachées, *Onchus*, ayant plus que probablement également appartenu à des Sélaciens ; on a attribué les écailles *Coelolepis* et les épines *Onchus* au même animal.

Le progrès ne pouvait venir que de la découverte de fossiles favorables : des écailles en place, avec l'impression du contour de l'animal. On sait, par l'exemple de l'Ichthyosaure de Fraas, ce que peut donner un hasard heureux. Traquair a eu la même chance ; au point de vue morphologique, les résultats n'ont pas été moins importants. Nous les examinerons en temps et lieu.

4. — *Étrangeté des formes.* — Ces poissons cuirassés primitifs ne sont pas seulement intéressants par les questions théoriques qu'ils soulèvent. Leurs formes étranges en ont fait, dès leur découverte, un objet de curiosité pour le vulgaire. Il suffit de voir les dessins de *Cephalaspis* et surtout de *Pterichthys* pour comprendre cet engouement. Pour ce dernier, une étude morphologique ne fait que confirmer son caractère aberrant. Les deux appendices latéraux, que l'on compare tout naturellement aux membres thoraciques des autres Vertébrés, doivent être quelque chose de bien différent ; ce qui en est conservé, les parties dures, n'est pas un squelette interne, mais une enveloppe externe. Sous ce rapport, ils ressemblent donc plus à des pattes de crustacés qu'à des membres de Vertébrés.

Et les ressemblances ne s'arrêtent pas là. L'ensemble de la forme, l'aspect général, rappelle invinciblement les grands Euryptérides. De même, *Cephalaspis* est « curieusement suggestif d'un trilobite » (Bashford Dean). Nous avons vu que ces ressemblances ont été considérées comme des homologies véritables. Mais une opinion plus plausible est celle qui les considère comme un cas de mimétisme, certainement le premier en date, puisqu'il remonte au Silurien.

Mais pour qu'il y ait mimétisme, il doit y avoir non seulement contemporanéité géologique, mais identité d'habitat. Chaque fois qu'on veut scruter à fond un problème de morphologie, on est finalement confronté avec la question d'habitat ; nous la rencontrons ici pour la première fois et nous la rencontrerons souvent encore. Si l'organisme est réellement le produit du milieu, est adapté à son habitat, façonné par et pour ses mœurs, on comprend qu'en dernière analyse on doive

toujours en arriver à l'habitat comme cause dernière. Et si l'on en arrive là tout naturellement, c'est signe qu'on est dans la bonne voie, que le raisonnement n'a pas déraillé.

Le mimétisme de ces premiers Poissons s'explique aisément. L'organisme vertébré est constitué pour la natation rapide, pour la pleine eau; de là, la forme en fuseau du corps, son aplatissement latéral, l'élévation de son diamètre vertical et bon nombre d'autres caractères (1). Mais sous la pression d'une concurrence vitale intense, les organismes essaient d'élargir leur champ d'action; ils envahissent d'autres domaines. Quand les Vertébrés ont occupé également le fond, pénétré dans la zone côtière, non seulement ils se sont adaptés à ce nouveau milieu (aplatissement du corps, rapprochement des yeux sur la ligne médiane dorsale), mais encore ils ont assumé la livrée des grands Arthropodes, qui étaient les formes dominantes à ce moment et dans ce milieu.

Il est à remarquer que nous avons cité comme formes mimétiques *Cephalaspis* et *Pterichthys*; nous n'avons pas mentionné *Pteraspis*. Celui-ci n'a pas une forme d'emprunt, il a sa forme propre, la forme normale du Poisson; il y a donc au moins une probabilité à ce qu'il ait eu le genre de vie normal et l'habitat de pleine eau.

II. — Position zoologique des premiers Poissons fossiles.

5. — *De la nature des classifications.* — La classification est le résumé et le résultat final de nos connaissances en Zoologie, tout comme la formule de structure en chimie condense ce que nous savons du mode de formation d'un corps et de ses allures réactionnelles. Ce n'est donc pas un simple catalogue mnémotechnique, c'est quelque chose de profondément scientifique.

L'ancienne biologie d'il y a plus d'un siècle distinguait déjà une classification artificielle d'un « système naturel »; l'exemple classique est en botanique Linné et Jussieu. La classification artificielle est caractérisée par l'utilisation des variations d'un seul organe; tandis que le système naturel tient compte de l'ensemble de l'organisme. Mais il y avait plus que cela dans la pensée encore fruste de ces âges héroïques : l'intuition qu'il existe des rapports réels entre les êtres et que ce sont précisément ces rapports que la classification doit s'efforcer

(1) AD. KEMNA, *Les caractères généraux des Vertébrés*. (SOC. ZOOL. ET MALAC. DE BELGIQUE, mai 1903.)

d'exprimer; et le langage rendait cette pensée avec une précision remarquable : les *familles* naturelles. Mais Jussieu et ses continuateurs ignoraient combien ils disaient vrai. Poussés à approfondir et scruter leur pensée, ils auraient reculé devant les conséquences, comme le firent leurs successeurs du milieu du XIX^e siècle, et ils auraient taxé de pures expressions verbales, de langage figuré leurs expressions de « famille », « parenté », « formes alliées », de même que plus tard, pour Cuvier et son école, le type morphologique était une simple vue de l'esprit, une abstraction. La théorie évolutionniste est venue prendre tout cela au pied de la lettre : la parenté est une véritable consanguinité, la famille a un progéniteur commun, lequel est le type et a transmis ses caractères à sa descendance; la classification doit être un arbre généalogique.

L'examen des divers emplacements dans la série zoologique successivement assignés aux Poissons primaires nous donnerait un historique complet de la marche des idées, fort intéressant sans doute, mais un peu long. Nous nous bornerons à bien préciser l'opinion généralement admise aujourd'hui.

6. — *La classe des Agnathes.* — La notion vulgaire de Poisson a subi une série d'épurations de la part des zoologistes. Linné, dans les premières éditions du *Systema naturae*, y comprenait encore les Baleines et les Phoques. L'examen plus approfondi de l'organisation interne a fait reconnaître, dans ce qui restait, des différences considérables.

L'Amphioxus n'a pas de crâne et constitue à lui tout seul un sous-embouchement, opposé à tout le reste des Vertébrés. Les Lamproies n'ont ni mâchoires, ni dents, ni membres pairs, et ces caractères importants les distinguent de tout le reste des Craniotes; ils forment le groupe des Cyclostomes, opposé au groupe des Gnathostomes. Les mâchoires et les membres pairs ne font pas partie du type vertébré; les premiers Vertébrés ne les possédaient pas; ces organes sont une acquisition secondaire du groupe, dans le cours de son évolution.

Or, chez *Pteraspis*, on n'a jamais trouvé aucune trace de mâchoire, de dents, de membres pairs. Chez une forme américaine voisine, *Palaeaspis*, Claypole a cru trouver une indication de membres pairs; une étude attentive et impartiale du mémoire de Claypole n'emporte pas la conviction; et l'examen de la pièce elle-même par Bashford Dean et par Jaekel a amené ces deux naturalistes à déclarer sans restriction qu'ils ne sauraient voir rien qui rappelle des membres.

Pour *Cephalaspis*, Ray Lankester a émis avec beaucoup de réserve l'idée que des lobes placés derrière la tête (*cornual flaps*) étaient peut-

être les homologues des membres. Ces organes paraissent fort variables et même nullement constants; chez le plus grand nombre des espèces, on n'en a trouvé aucune trace. Ces faits se concilient difficilement avec une interprétation qui considère ces structures comme des membres, organes importants, variables sans doute, mais pas au point d'être présents dans un genre et totalement absents dans un autre genre de la même famille. Du reste, des découvertes récentes au sujet des cornuas, non encore publiées, sont de nature à résoudre définitivement la question; c'est le travail que M. Smith Woodward a bien voulu promettre pour la Société belge de Géologie. Espérons qu'en présence du grand intérêt qui s'attache à la question, ce travail ne se fera pas attendre.

Les appendices latéraux de *Pterichthys* n'ont de commun avec les membres pairs que la situation thoracique latérale. Dans un des genres, *Acanthaspis*, les appendices sont tout simplement des protubérances, des saillies du corps, intimement unies à la carapace du tronc; et à en juger par les figures publiées, cela n'a pas l'air d'une union par soudure secondaire. Comme le fait fort justement remarquer Smith Woodward, il est difficile, dans ces conditions, de continuer à soutenir une homologie avec les membres pairs, organes locomoteurs. Bashford Dean les considère comme les cornes des Céphalaspides, développées et spécialisées; les connexions anatomiques avec le tronc et non avec la tête ne sont pas favorables à cette manière de voir.

Chez les Vertébrés à respiration aquatique, c'est-à-dire branchiale, la région du tronc immédiatement derrière la tête est toujours le siège de complications spéciales, fort souvent à l'extérieur, à cause de l'ouverture de sortie en cet endroit de l'appareil respiratoire. Chez des êtres déjà exceptionnels et étranges, déformés en outre par fossilisation, il n'est pas toujours facile de déterminer la nature des organes. Or, il est remarquable que pour tous ces Poissons primitifs, quand il est question de membres, c'est toujours de membres antérieurs qu'il s'agit, toujours placés dans cette région difficile, et jamais de membres postérieurs, lesquels seraient, de par l'absence d'autres complications dans la région où ils devraient se trouver, plus facilement reconnaissables. Comme on ne connaît pas la partie postérieure du tronc des Ptéraspidés, nous ne pouvons rien dire au sujet de leurs membres postérieurs; dans toutes les reconstitutions qui ont été données de l'animal (même y compris celle de Claypole), on le dessine dépourvu de nageoires paires postérieures. Pour les Céphalaspides et les Ptérichthydes, il n'y a pas de doute. Par conséquent, même si on admettait, dans quelques rares cas, la possibilité de la présence de membres antérieurs, tout ce

groupe de Poissons n'en serait pas moins différencié des Gnathostomes par l'absence constante de membres postérieurs. Parmi les nouvelles formes décrites par Traquair, plusieurs ont la partie antérieure du corps étalée dans son angle latéro-postérieur; elles ressemblent à des Raies dont les nageoires latérales, au lieu de s'atténuer graduellement en arrière, auraient été coupées net par une ligne transversale à l'endroit de leur plus grande largeur; le contour, de losangique, serait triangulaire; en réalité, il est demi-circulaire ou plutôt demi-ovalaire, parce que l'extrémité antérieure de la tête est arrondie au lieu d'être en pointe. Traquair considère les parties latérales comme des nageoires paires; mais, ici aussi, les membres abdominaux font défaut.

La question de l'absence de mâchoires chez les Cyclostomes est très controversée. Dans la partie générale de son dernier mémoire, Traquair rappelle qu'il y a dans le squelette des pièces qui, par leur situation, leurs rapports avec les muscles et les nerfs, sont généralement considérées comme des rudiments d'arcs mandibulaire et hyoïdien. Il incline fortement à croire que les fossiles qu'il décrit avaient des mâchoires, et que si nous ne les trouvons pas, c'est que, uniquement cartilagineuses, elles ont été détruites par la putréfaction. Il ne s'explique pas sur l'absence de dents. Comme les dents ne peuvent pas rester cartilagineuses, comme, d'autre part, dans ces très nombreux exemplaires, on n'en a jamais trouvé la moindre trace, il faudrait bien admettre leur absence. Mais Dollo (*Comptes rendus*, 16 mars 1905) rappelle l'opinion de Gegenbaur : la différenciation d'un arc inférieur comme arc mandibulaire a amené une différenciation de son revêtement placode en dents; et ces deux modifications ont été contemporaines, concomitantes (*Grundriss*, 1874, p. 585). Dans son récent *Traité*, Gegenbaur invoque également comme élément causal essentiel de la différenciation des dents, la mobilité des deux moitiés supérieure et inférieure de l'arc mandibulaire. Les deux notions, mâchoires et dents, sont donc connexes. Dollo dit avec raison qu'il serait plus qu'étonnant que dans tout ce groupe de Poissons primitifs, il y eût des mâchoires sans dents et que, logiquement, l'absence constante de dents rend beaucoup plus plausible l'absence de mâchoires.

Nous devons donc admettre, avec Cope, un groupe des Agnathes, représentés dans la faune actuelle par les Cyclostomes, représentés parmi les fossiles par les Ptéraspidés et les Céphalaspidés; avec Smith Woodward, nous y comprendrons les Ptérichthydés. Ces trois ordres constituent la sous-classe des Ostracodermes. L'autre sous-classe, celle des Cyclostomes, a un unique représentant fossile dans le curieux

Palaeospondylus de Traquair. Le tableau suivant, emprunté à Smith Woodward, résume ces rapports :

AGNATHES . . .	{	Cyclostomes . . .	1. <i>Hyperoartia</i> .
			2. <i>Hyperotreti</i> .
			3. <i>Cycliae</i> (<i>Palaeospondylus</i>).
	{	Ostracodermes . . .	1. <i>Heterostraci</i> (<i>Pteraspis</i>).
			2. <i>Osteostraci</i> (<i>Cephalaspis</i>).
			3. <i>Antiarchi</i> (<i>Pterichthys</i>).

7. — *Mœurs des Agnathes actuels ; dégénérescence.* — Acraniens, Agnathes, Gnathostomes représentent autant de stades successifs dans l'évolution des Vertébrés. Il n'y a pas de doute que, au point de vue morphologique, la série n'aille du simple au complexe; les Agnathes sont inférieurs aux Gnathostomes, les Acraniens inférieurs aux Agnathes. La succession géologique, dans ses grandes lignes, dit la même chose. Pour les Acraniens, à cause de l'absence de parties dures, il n'y a pas de fossiles. Les Agnathes sont siluriens et devoniens. Les Gnathostomes ne commencent sérieusement que dans le Devonien.

Voilà incontestablement la signification directe des faits. Mais la possibilité d'une marche tout autre de l'évolution n'étant pas absolument exclue, il y a lieu d'examiner la question à ce point de vue, d'autant plus que précisément pour les Agnathes actuels, elle peut s'appuyer sur des raisons en somme plausibles.

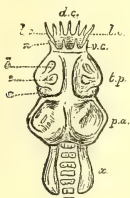
L'*Amphioxus* arénicole et fouisseur, les Cyclostomes parasites ont des genres de vie très exceptionnels pour des Vertébrés. Ces deux genres de vie sont connus pour imposer des modifications aux organismes; et ces modifications sont généralement des régressions. On a donc soutenu que la simplicité plus grande de ces deux groupes n'était pas primitive et originelle, mais secondairement acquise et, par conséquent, sans aucune signification pour l'origine de l'embranchement. L'agnathisme résulterait non de ce que ces animaux n'ont pas encore acquis de mâchoires, mais de ce qu'ils n'en ont plus pour les avoir perdues par atrophie et dégénérescence. Et ainsi pour les membres pairs et pour tous les autres caractères primitifs.

Il y a une part de vérité dans cette manière de voir. Plusieurs des particularités de l'*Amphioxus* peuvent être mises en rapport avec ses habitudes spéciales. On cite, par exemple, sa curieuse asymétrie, mais sans expliquer toutefois en quoi elle peut être la conséquence des habitudes. Le sang est incolore, exception unique chez les Chordés et caractère d'Invertébré; mais suivant Rohon, il y aurait quelques glo-

bules rouges, en nombre insuffisant pour faire apprécier leur teinte. Le rostre et la continuation de la chorde jusqu'à son bout extrême (céphalochordie) sont très probablement des adaptations aux habitudes fouisseuses. Même l'absence de cerveau et d'organes des sens sont des caractères secondaires, puisqu'on trouve les deux chez les Tuniciers.

Chez les Cyclostomes, la monorhinie est pour Gegenbaur un caractère secondaire. Il est vrai que l'organe olfactif d'*Amphioxus* est aussi unique et impair, primitivement médian et occupant la place du neuropore. Chez les Cyclostomes, outre certaines traces de duplication, il y a le fait important de deux nerfs olfactifs. Gegenbaur admet donc comme probables des ancêtres amphirhiniens. De même, la situation des branchies fort en arrière de la tête et sous la musculature latérale du tronc serait secondaire.

Tout cela concédé et admis, il n'en reste pas moins un ensemble de caractères simples et pour lesquels on ne peut fournir aucune bonne raison pour les interpréter autrement que comme primitifs. Tels sont, entre autres, et pour ne mentionner que ceux dont nous aurons à nous servir, pour les deux groupes, l'agnathisme et l'apodie; et pour l'*Amphioxus*, la structure épithéliale des organes et le caractère anhiste du tissu squelettique.



L'animal est agrandi presque deux fois; les plus grands exemplaires ont environ 5 centimètres. Plus de deux cents exemplaires sont connus, mais tous appartiennent à la même espèce. Les individus sont d'ordinaire couchés sur le dos, montrant la face ventrale ou basilaire du crâne; la colonne vertébrale est graduellement tordue sur son axe, de façon à montrer un côté, ici le côté gauche.

Il y a en avant un cercle de cirrhes : *dc* dorsaux, *lc* un long latéral, *vc* ventraux, entourant une ouverture unique (nasale, caractère monorhinien — ou nasale et buccale). Le crâne est composé de deux parties, une antérieure *tp* région trabéculo-palatine, avec deux dépressions *b* et *c* et un petit lobe séparé *a*; une postérieure *pa* région parachordale; celle-ci est continuée en arrière par deux lames *x*, désignées comme lames postoccipitales problématiques.

Vieux grès rouge, Caithness flagstones, Achanarras, près de Thurso.

(Traité de Smith Woodward.)

FIG. 1. — *Palaeospondylus gunni*.

III. — Les Hétérostracés.

8. — *La famille des Pteraspids.* — Agassiz décrit en 1835 quatre espèces du genre *Cephalaspis*; la première, *C. Lyelli*, est restée le type du genre, un vrai Céphalaspidé avec large bouclier céphalique aplati et les yeux rapprochés sur la face dorsale, près de la ligne médiane. Les trois autres étaient des boucliers discoïdes ovales, d'une seule pièce, considérés comme correspondant au bouclier céphalique de la première espèce.

Pour ces trois dernières espèces, les opinions ont beaucoup varié. Poissons pour les uns, les autres y voient des restes de Crustacés ou des « plumes » de *Sepia*, la coquille rudimentaire et interne des Céphalopodes supérieurs. Encore en 1856, Huxley réserve son opinion et ne tranche pas la question des affinités.

C'est l'histologie qui devait permettre de décider. Le travail est de Huxley (1858) et a été confirmé par la belle monographie de Lankester (1868-1870). Il y a une différence constante entre *C. Lyelli* et les trois autres espèces d'Agassiz. Nous ne nous occupons provisoirement que de ces dernières.

La surface externe, certainement à nu dans l'animal vivant, est très finement striée par des lignes concentriques, qui ont assez exactement la disposition et les dimensions des lignes sur la face palmaire de la dernière phalange de nos doigts. Ce dessin est tout à fait caractéristique et permet d'identifier à coup sûr le moindre débris par un simple examen à la loupe. Tout comme sur la pulpe de nos doigts, les travées saillantes entre deux rainures ne sont pas des cordons tout à fait unis et lisses; au contraire, les bords sont un peu échancrés et comme crénelés sur les côtés latéraux.

La surface interne est unie et a quelque peu l'aspect de la nacre. Elle se compose d'une série de nombreuses lamelles parallèles.

Ces deux couches, malgré leur minceur, sont homogènes et compactes. La zone moyenne, au contraire, est creusée de cavités polygonales; ou, en d'autres mots, la zone lamelleuse interne envoie verticalement des lames pour se relier à la zone supérieure striée; et ces lames verticales se coupent de façon à délimiter des espaces polygonaux, occupés sur l'animal vivant, probablement par des tissus mous, remplis par des infiltrations par la fossilisation. La substance même du fossile, de la carapace, est du phosphate de chaux; le remplissage des alvéoles de la zone moyenne est souvent du carbonate.

La zone inférieure et la zone moyenne ne montrent sous le microscope pas la moindre trace d'éléments histologiques, aucune cellule. Leur structure est donc absolument anhiste. La zone externe est parcourue par de fins canalicules, groupés en bouquets partant d'un canal plus large; chaque élément des lignes striées, délimité par des crénelures, a un bouquet de ces canalicules, arrangés radiairement.

La première conclusion tirée par Huxley est que rien dans cette structure ne rappelle la carapace des Crustacés ni la coquille rudimentaire des Céphalopodes. La ressemblance est au contraire fort nette pour la partie supérieure avec la partie supérieure des épines sur les écailles placoides de certains Poissons; cette structure est celle de l'ivoire et les canalicules sont des canalicules dentaires. Ce sont donc des restes de Vertébrés.

Cette conclusion a été confirmée par Ray Lankester; dans l'immense majorité des exemplaires, on ne trouve que le bouclier; mais deux fossiles montraient davantage: derrière le bouclier, une partie du corps recouverte d'écailles, comme chez les Poissons.

La différence histologique consiste surtout dans le caractère anhiste des zones moyenne et inférieure. Ce caractère est assez important pour justifier la séparation d'avec *Cephalaspis Lyelli*, qui a des corpuscules osseux. Huxley a donc fait un genre nouveau, auquel il a conservé le nom de *Pteraspis*, employé en 1847 par Kner, le premier auteur ayant considéré ces fossiles comme des Céphalopodes.

Ray Lankester (1868), estimant que la structure histologique justifie plus qu'une distinction générique, élève le groupe au rang de famille et lui donne le nom de *Hétérostracés*, carapace anormale. Plusieurs espèces sont élevées au rang de genres, des formes nouvelles sont décrites, mais les objets restent toujours tous des boucliers dorsaux. Il y a trois genres, distingués par le nombre de pièces constituant la carapace: sept chez *Pteraspis*, quatre chez *Cyathaspis*, une seule chez *Scaphaspis*.

En 1872 paraît un travail posthume de Kunth. Dans un bloc erratique de calcaire silurien, trouvé dans une tranchée de chemin de fer près de Berlin, il y a un *Cyathaspis*, contre la face ventrale duquel, bien ajusté, bord à bord, les faces convexes des deux pièces en dehors, se trouve un *Scaphaspis*. Ce dernier n'est donc pas un animal distinct, mais le bouclier ventral, le plastron de *Cyathaspis*. Malheureusement, Kunth considéra l'animal comme un Trilobite, dont la partie « *Cyathaspis* » était le bouclier céphalique, la partie « *Scaphaspis* » le bouclier pygidial; il expliquait la juxtaposition exacte des deux pièces

et la situation ventrale de l'une en admettant que ce Trilobite spécial, au lieu de se rouler, se pliait en deux.

Cette étrange opinion a naturellement été fortement discutée et unanimement rejetée. Non seulement on n'a pas voulu accepter l'interprétation de Kunth, mais plusieurs savants n'ont pas admis le fait lui-même et ont essayé de l'expliquer par une simple juxtaposition occasionnelle. En 1885, le paléontologiste autrichien von Alth trouva un exemplaire plus net encore que celui de Kunth. Des découvertes analogues en Amérique ne laissèrent bientôt plus aucun doute. Le genre *Scaphaspis* doit probablement disparaître entièrement de la science. Par contre, Claypole a trouvé un genre américain, *Palaeaspis*, peu différent de *Pteraspis*.

Nous devrions passer maintenant à la description de ces diverses formes; mais le présent travail deviendrait ainsi un chapitre d'un traité de paléontologie. Comme il en existe d'excellents, il est beaucoup plus simple d'y renvoyer (1). Les figures suffisent d'ailleurs pour donner au lecteur une idée sommaire de ces organismes. Nous nous attacherons uniquement aux détails qui présentent un intérêt théorique.

9. — *La forme et l'habitat des Ptéraspidés.* — La reconnaissance de la vraie nature des *Scaphaspis* comme plastron de *Cyathaspis*, le *Palaeaspis* de Claypole, le *Pteraspis* de von Alth, ont complété par-dessous l'animal que l'on ne connaissait que par-dessus. Derrière la partie cuirassée, on n'a trouvé que quelques rangées d'écailles; toute la partie postérieure manque. Nous ne sommes donc pas en mesure de tracer un contour de profil; mais nous pouvons tracer les diverses sections transversales de toute la région antérieure.

Seulement, il y a une difficulté : la déformation par fossilisation. Trop souvent, les animaux sortent de cette épreuve fort mal arrangés; par exemple, la plupart des *Pterichthys* sont dans un état lamentable, comme passés sous le pilon. Devant ces restes informes, on comprend les erreurs qui font de l'histoire de la paléontologie un martyrologe, ridicule pour le vulgaire; on est au contraire saisi d'admiration pour la perspicacité des savants qui finissent par se reconnaître dans ce gâchis.

Les Ptéraspidés paraissent avoir eu plus de chance. Certes, il y a eu de la casse et on trouve beaucoup de pièces et de morceaux; mais les

(1) ZITTEL, *Handbuch der Palaeontologie*, III, 1889. — BASHFORD DEAN, *Fishes living and fossil*, 1895. — A. SMITH WOODWARD, *Vertebrate Palaeontology*, 1898.

grands exemplaires, presque sans fêlures, ne sont pas rares. Il se peut que ce soit une illusion, due au hasard heureux d'une trouvaille exceptionnelle, ou à la possibilité du choix parmi de vastes matériaux, mais l'examen des échantillons actuellement étudiés par M. Leriche à Lille et des belles collections du *Natural History Museum* à Londres, m'a laissé l'impression d'une remarquable conservation. Mais s'il y a rarement cassure, il semble qu'il y ait fréquemment déformation. Ce qui le prouve, c'est l'asymétrie de beaucoup de pièces : l'un des côtés est plus aplati ou plus bombé que l'autre. On se demande si la carapace, malgré sa nature calcaire, n'avait pas une certaine élasticité, qui lui a permis de céder, sans se rompre, aux pressions exercées sur elle.

Le fait de pareilles déformations est assez important pour y insister quelque peu. Chez les Céphalaspides, il semble y avoir déjà plus d'écrasement. L'élévation du coffre solide des Ptérichthydes est probablement la cause de l'état de leurs fossiles. Mais le groupe qui suit immédiatement, et que l'on peut considérer comme le premier des Gnathostomes (pour des raisons à faire valoir ailleurs), montre de nouveau plutôt de la déformation, et ici nous en avons une preuve irréfutable. La tête se rattache à la carapace du tronc par une double articulation en ginglyme aussi parfaite que nulle part ailleurs chez les Vertébrés. L'articulation très serrée ne permettait le mouvement que dans un seul plan, qui était certainement le vertical. L'animal pouvait fléchir la tête très fortement en arrière. Or, la situation des articulations sur les pièces fossiles rendrait tout mouvement absolument impossible et par conséquent parfaitement inutiles ces articulations si compliquées. J'ai attentivement examiné à ce sujet les récentes acquisitions du *Natural History Museum*, de beaux exemplaires de *Dinichthys* et *Titanichthys* provenant de Claypole. L'action d'écrasement, mais surtout de gauchissement, est évidente sur certaines pièces (par exemple la pièce P. 9572 gauche). Les condyles, cylindriques parfaits chez *Titanichthys*, plus coniques chez *Dinichthys*, sont inclinés l'un vers l'autre de 45 degrés environ, et c'est ce qui rend tout mouvement impossible. Ils devaient être sur la même ligne horizontale transverse, dans le prolongement l'un de l'autre. Mais quand on oriente les pièces portant les condyles de façon que la trace très nettement marquée de la ligne latérale devienne horizontale d'avant en arrière, comme elle l'était probablement dans cette région sur le vivant, le condyle devient horizontal aussi. Dans le fossile, cette pièce a une situation franchement dorsale; présentée comme il est dit ci-dessus, elle devient

latérale. Il y aurait donc eu, malgré l'absence ou le peu d'importance des cassures, une déformation assez considérable.

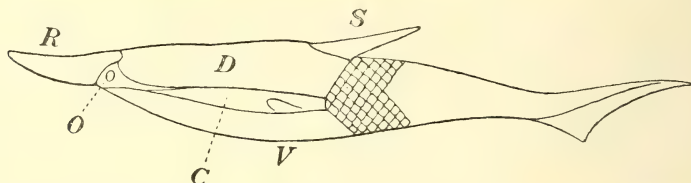


Fig. 2. — *Pteraspis rostrata* VU DE PROFIL ET DU CÔTÉ GAUCHE ; ENVIRON UN TIERS DE GRANDEUR NATURELLE.

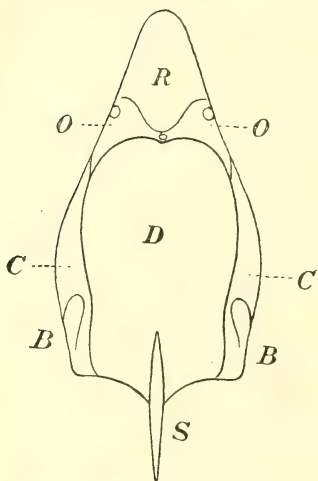


Fig. 3. — BOUCLIER DE LA PARTIE ANTÉRIEURE, VU D'EN HAUT

R pièce rostrale; *O* orbite; *D* bouclier dorsal avec *S* épine; *V* bouclier ventral; *C* pièce latérale ou cornue avec *B* ouverture par laquelle sort l'eau ayant servi à la respiration. Sur la ligne médiane entre les deux pièces orbitaires, derrière le rostre et devant le bouclier dorsal, une ouverture (œil pinéal?). Dans la vue de profil, derrière la région des boucliers, quelques rangées de plaques comme des écailles. Toute la partie postérieure du corps est inconnue et sa représentation est donc hypothétique.

Les deux figures sont empruntées au mémoire de Traquair et sont les plus récentes parues.

Ces déformations ne nuisent pas beaucoup pour une étude morphologique, mais elles sont fort gênantes quand il s'agit de déterminer la forme extérieure, le contour. La coupe transversale de la partie rostrale de *Pteraspis* est certainement peu aplatie, plutôt circulaire. Plus en arrière, diverses pièces constituent les parois et on les trouve rarement toutes réunies et en place. Le grand bouclier médian dorsal serait même en arrière fort peu bombé d'après les coupes transversales idéales données par Ray Lankester (pl. II, fig. 16 et 17). Une partie seulement d'une semblable coupe (fig. 19) montre une plus forte inclinaison, et cette coupe serait prise en un point plus en avant des autres. Dans la restauration que donne Ray Lankester (fig. 8, p. 18 de son mémoire), toute la partie ventrale de la carapace est naturellement absente, puisque à cette époque la vraie nature de *Scaphaspis* n'était pas reconnue. L'armure dorsale est représentée comme s'incurvant

fortement pour envelopper presque entièrement les flancs. Cette incurvation ne correspond nullement avec les coupes. Les dessins ne sont conciliables qu'à condition d'admettre une forte déformation par aplatissement.

En réalité, cette déformation ne devrait pas être aussi forte que le réclame le dessin de Lankester, car l'armature des flancs est assurée par des pièces latérales et par les bords fortement relevés du plastron. Celui-ci est fortement bombé en arrière, aplati seulement sur une faible étendue de la ligne médiane. La rencontre de cette partie plane médiane avec les parties latérales relevées forme de chaque côté une crête à angle émoussé et arrondi. Ces deux crêtes divergent en avant, augmentant la surface de la portion plane. En somme, une section transversale dans la région un peu en avant de l'épine de *Pteraspis* aura eu une figure à peu près circulaire.

Claypole a donné une restauration de *Palaeaspis* (*Quart. Journ. Geol. Soc.*, Londres, nov. 1892, fig. 8, p. 560) où la forme est plus élevée encore. Zittel (p. 144) mentionne comme premier caractère des Ptéraspidés « la forme convexe des boucliers dorsal et ventral ».

Dans toutes ces restaurations, le contour de profil est une ligne régulière, à courbes graduées, sans heurt ni angles. La partie du corps derrière la carapace est représentée comme continuant les lignes de la partie antérieure armée. L'aspect est tout à fait pisciforme et bien différent de celui de *Cephalaspis*.

Nous avons déjà dit (§ 4, p. 544) ce que signifie cette forme, combinée avec la position latérale des yeux, normale également pour les Poissons : un habitat de pleine eau et une natation rapide. Nous aurions donc dans les Ptéraspidés les premiers Vertébrés connus à habitat normal.

10. — *La situation des branchies de Cyathaspis.* — Un exemplaire de *Cyathaspis* montre sur la face interne de la carapace dorsale diverses impressions dont voici la nomenclature et l'interprétation : sur les parties latérales en avant, de chaque côté, six dépressions ovalaires : poches branchiales ; — en avant sur la ligne médiane, entre les poches branchiales de la première et de la seconde paire, un trou profond, assez nettement délimité : pour l'œil pinéal ; — plus en arrière, dans la région des poches 5 à 5, de chaque côté mais tout près de la ligne médiane, deux (en tout quatre) impressions en V : canaux demi-circulaires de l'organe de l'ouïe.

Si ces interprétations sont exactes, et elles le sont probablement, nous avons des faits intéressants.

Les branchies étaient des poches distinctes, isolées, placées à une certaine distance les unes des autres et non, comme chez tous les *Gnathostomes* connus, des fentes linéaires entre les arcs. Le caractère est non seulement agnathe, mais franchement cyclostome.

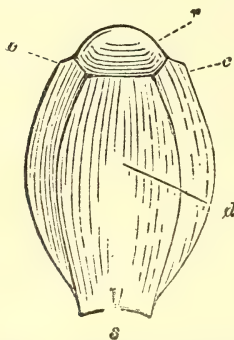
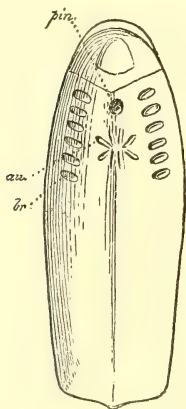


DIAGRAMME DU BOUCLIER DORSAL VU D'EN HAUT;
FIGURE LÉGÈREMENT RÉDUITE.

r. rostre; *o.* position des orbites; *c.* cornua; *d.* pièce médiane dorsale; *s.* épine. Il n'y a pas de plaques orbitaires spéciales, ce qui réduit le nombre des pièces à quatre. Silurien supérieur du Herefordshire.

Fig. 4. — *Cyathaspis Banksi*.



MOULE NATUREL DE LA FACE INTERNE DE LA CARAPACE
DORSALE. GRANDEUR NATURELLE.

pin. cavité pour le corps pinéal; *au.* impression des organes auditifs; *br.* impression des poches branchiales. L'œil était probablement situé près des extrémités de la ligne transverse brisée. A remarquer l'allongement transversal des poches branchiales. Silurien supérieur de Gallicie.

(*Traité de Smith Woodward.*)

Fig. 5. — *Cyathaspis Sturi*.

Chez les Poissons, les organes respiratoires présentent beaucoup d'uniformité. Il n'y a que deux catégories d'exceptions : premièrement les Cyclostomes, avec une dilatation en poche musculaire de chaque conduit et avec une variété relativement fort grande dans les voies d'amenée et de sortie de l'eau; et secondement les Dipneustes, avec poumon et branchies plumeuses à structure archiptérygiale. Dans les deux cas, nous trouvons un genre de vie et un habitat qui présentent des conditions tout à fait spéciales, surtout pour la respiration; la fixation par la bouche agissant comme une ventouse chez les Cyclostomes, en rapport avec leur parasitisme, le milieu vaseux périodiquement desséché chez les Dipneustes. Pour les Cyclostomes, on a admis

une relation de cause à effet entre leurs habitudes de fixation et la structure de leurs organes respiratoires : les poches muscularisées assurent le renouvellement de l'eau (Bashford Dean, p. 18). Pour les Dipneustes, la respiration aérienne par un poumon est une adaptation manifeste à leur habitat; un autre détail de leur organisation a été considéré de la même manière : la forme de leurs nageoires, leur structure archiptérygiale (Dollo, *Phylogénie des Dipneustes*). On n'a jamais établi une semblable relation pour les branchies externes; je crois qu'elle est démontrable, mais la question est trop importante et trop vaste pour être traitée ici incidemment; nous n'avons à nous occuper que des Cyclostomes.

Si la disposition en poches branchiales est une adaptation au genre de vie, *Cyathaspis* doit avoir eu les mœurs des Cyclostomes actuels. La conclusion semble inévitable; elle n'en est pas moins assez difficile à admettre : un animal fixé par la bouche ou parasite, avec une carapace dorsale et ventrale dans la partie antérieure, serait quelque chose de bien étrange. La disposition des branchies doit certainement faire rapprocher *Cyathaspis* des Cyclostomes, mais en même temps *Cyathaspis* rend fort douteuse l'explication admise de cette disposition des branchies comme une adaptation aux particularités de genre de vie que présentent les Cyclostomes actuels. On se demande s'il n'y a pas une autre raison, si ces poches branchiales n'avaient pas primitivement une autre utilité, une autre fonction chez les formes à habitat normal et aux habitudes ordinaires; ou, pour exprimer la même idée en d'autres termes, si l'organisation agnathe ne comportait pas des poches branchiales musculaires comme plus utiles que les simples fentes des Gnathostomes.

Chez les Prochordés, les fonctions respiratoire et de préhension des aliments sont absolument confondues. Pour apprécier le degré de confusion, on n'a qu'à se demander si physiologiquement, pratiquement, la région antérieure des Tuniciers et de *Balanoglossus* est plutôt une branchie ou un organe de nutrition; elle est tous les deux à la fois et au même degré. Le courant d'eau est produit par l'action de cils vibratiles et l'ouverture buccale reste toujours béante.

Chez les Gnathostomes, les cils ont disparu et le courant d'eau est produit d'une tout autre façon. Le pharynx agit comme une pompe aspirante et foulante; ses contractions expulsent l'eau par les fentes branchiales, la bouche étant fermée; ses dilatations aspirent de l'eau par la bouche, les fentes branchiales étant fermées. Tout le système des arcs branchiaux, arcs inférieurs morphologiques, sert à soutenir les

parois, à donner attache à leur musculature et, par leur fractionnement en quatre pièces, à régulariser ces actions, dans le détail desquelles nous n'entrerons pas. Si, au point de vue alimentation, le premier de ces arcs s'est transformé en un organe de préhension, au point de vue du mécanisme respiratoire, il agit comme obturateur de l'orifice buccal, comme la soupape d'entrée de la pompe. Une occlusion rapide et parfaite de cet orifice est une condition essentielle de bon fonctionnement de l'appareil ; c'est ce que comprend le premier plombier venu. Il est clair que l'introduction, dans les parties molles qui constituent le pourtour de cet orifice, de pièces rigides articulées est de nature à perfectionner le système.

Or, chez les Cyclostomes et les Agnathes en général, il n'y a pas encore d'arcs inférieurs et il n'y a plus de cils. Il faut donc autre chose pour assurer le courant. Les poches musculaires, le vélum remplacent physiologiquement les cils des Préchordés et des Acraniens, les arcs des Gnathostomes. Les particularités de leur appareil respiratoire sont donc en rapport logique, non avec un genre de vie particulier, mais avec le type d'organisation de l'animal, avec son stade d'évolution agnathe. Parce que Agnathes, ces êtres devaient avoir des moyens spéciaux de respiration aquatique, comme un caractère général du groupe, remarque que nous aurons à rappeler.

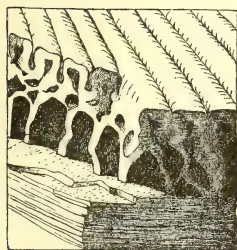
Nous avons eu soin d'indiquer l'emplacement des organes cérébraux, œil pinéal et canaux demi-circulaires, par rapport aux poches branchiales. Les canaux demi-circulaires nous renseignent avec précision sur l'extension en arrière du cerveau et du crâne ; ce dernier allait au moins jusque-là. Or, derrière les canaux, il n'y a plus que la sixième et dernière poche branchiale ; toutes les autres étaient en avant ; même la première est devant l'œil pinéal. C'est là un fait unique chez les Vertébrés, où les branchies ne commencent que dans la région postérieure chez les Gnathostomes ; chez les Cyclostomes actuels, les branchies commencent là où elles finissent chez *Cyathaspis*. Or Gegenbaur, comme nous l'avons rappelé (§ 7, p. 549), insiste fortement sur la nature secondaire de l'emplacement en arrière des branchies chez les Cyclostomes ; *Cyathaspis* est un excellent argument (§ 1, p. 540).

La région branchiale de *Cyathaspis* n'occupe que la petite moitié de la carapace. Celle-ci se prolonge encore fort loin en arrière ; la carapace n'est donc pas seulement céphalique, elle est aussi thoracique.

11. — *Nature de la carapace des Ptéraspidés.* — Au point de vue physiologique, la carapace était un organe de protection, soit contre des

causes mécaniques de destruction (chocs contre les roches), soit contre des ennemis. Nous connaissons beaucoup trop peu des mœurs et de la faune pour émettre des suppositions quelconques.

La restriction de la carapace cohérente à la partie antérieure du corps peut aisément se comprendre, les organes les plus essentiels et les plus délicats, cerveau, branchies, cœur, étant dans la partie antérieure. La partie postérieure doit conserver une certaine flexibilité pour les mouvements de propulsion ; la partie antérieure a avantage à devenir rigide pour mieux couper l'eau.

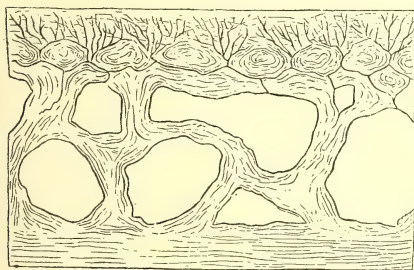


UN FRAGMENT DE LA RÉGION CENTRALE DU TEST,
ASSEZ FORTEMENT AGRANDI.

On voit les diverses lames de la partie basilaire ; puis la couche moyenne aréolée ; puis la couche supérieure avec ses cordons aplatis, séparés par des rainures profondes et avec des échancrures sur les côtés.

Fig. 6. - *Scaphaspis Lloydii*.

La carapace était externe, comme le prouvent les dessins de l'une des surfaces, toujours la convexe, jamais la concave. C'est un durcissement de la peau ; en dessous se trouvait le crâne cartilagineux ou membraneux. La carapace était la seule partie calcifiée de l'organisme, car jamais on n'a trouvé trace d'autres parties dures. *Palaeospondylus* constitue une exception remarquable par la calcification de tout son squelette interne.



COUPE VERTICALE, PARALLÈLE A UN CORDON
SAILLANT.

Les couches, basilaire lamelleuse, aréolée moyenne, sont anhistes. Les bouquets de canalicules dans la couche supérieure communiquent, par l'intermédiaire d'un réseau, avec les cavités de la couche aréolée.

Fig. 7. — *Pteraspis rostratus*.

La structure histologique, généralement fort nette, est remarquable (§ 8, p. 350). Le caractère anhiste des deux couches, moyenne polygonale, inférieure lamellaire, a fait donner le nom d'Hétérostracés. Il y a, en effet, une différence importante avec tous les autres Vertébrés

plus élevés, même les Ostéostracés; mais c'est au contraire une ressemblance avec l'Amphioxus, dont le derme est également anhiste. Je considère cette ressemblance de structure histologique comme extrêmement significative; elle démontre que nous avons bien, dans les Ptéraspidés, un groupe très primitif.

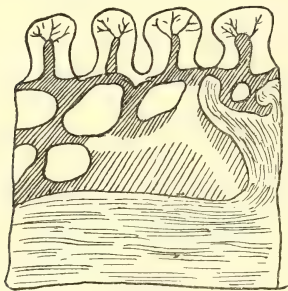


Fig. 8. — *Pteraspis rostratus*.

COUPE VERTICALE,
A TRAVERS LES SÉRIES DE CORDONS
SAILLANTS.

Les dessins de la surface, à cause des crénelures qui fragmentent partiellement les lignes saillantes, ont été considérés comme résultant de la soudure, de la confluence de tubercules isolés. Le fait que les canalicules dentaires de ces lignes saillantes sont groupés en bouquet, un pour chaque section, appuie cette manière de voir. Elle a pour corollaire l'admission d'êtres plus simples encore et plus primitifs que les Ptéraspidés, chez lesquels il y avait des tubercules dermiques déjà durcis, mais encore isolés, non encore soudés en plaques cohérentes.

Rohon mentionne comme autre alternative l'hypothèse que le dessin des Ptéraspidés pourrait s'interpréter comme une marche vers le ractionnement en tubercules isolés, d'une carapace cohérente primitive. Personne n'a jamais accepté cette manière de voir et Rohon lui-même n'y insiste pas; elle prouve simplement que pour tout chemin, il y a deux façons de le parcourir et qu'il y a toujours possibilité de prendre une évolution à rebours.

12. — *La famille des Coelolépides*. — En 1870, le paléontologiste anglais Powrie décrivit sous le nom de *Cephalopterus Pagei* un fossile du vieux grès rouge, qu'il considéra comme un poisson semblable à une Raie, exposant sa face ventrale. Les expansions latérales de la partie antérieure du corps étaient des nageoires pectorales, et une série paire de fortes lignes saillantes transversales, « des branchies, composées d'arcs exposés », c'est-à-dire à nu. Il n'y avait pas de carapace, mais un grand nombre de petites « écailles, comme celles des Acanthodes, mais à caractère plus ganoïde ». Les Acanthodes sont des Sélaciens fort spécialisés.

En 1896, Traquair fit remarquer que le nom générique donné par Powrie était préoccupé depuis 1809 et le remplaça par celui de *Turinia*, du nom de la localité, Turin Hill, près de Forfar, où le fossile avait été trouvé.

En 1898, Traquair communiqua à la Société royale d'Édimbourg les résultats d'un nouvel examen du fossile. L'échantillon montre le tronc se continuant dans un des lobes de la queue hétérocerque, par conséquent le lobe supérieur; on voit aussi le commencement du lobe inférieur. Mais l'échantillon présente le lobe supérieur au-dessus, le lobe inférieur à un niveau plus bas dans la pierre; l'animal expose donc le dos et non le ventre, comme le croyait Powrie.

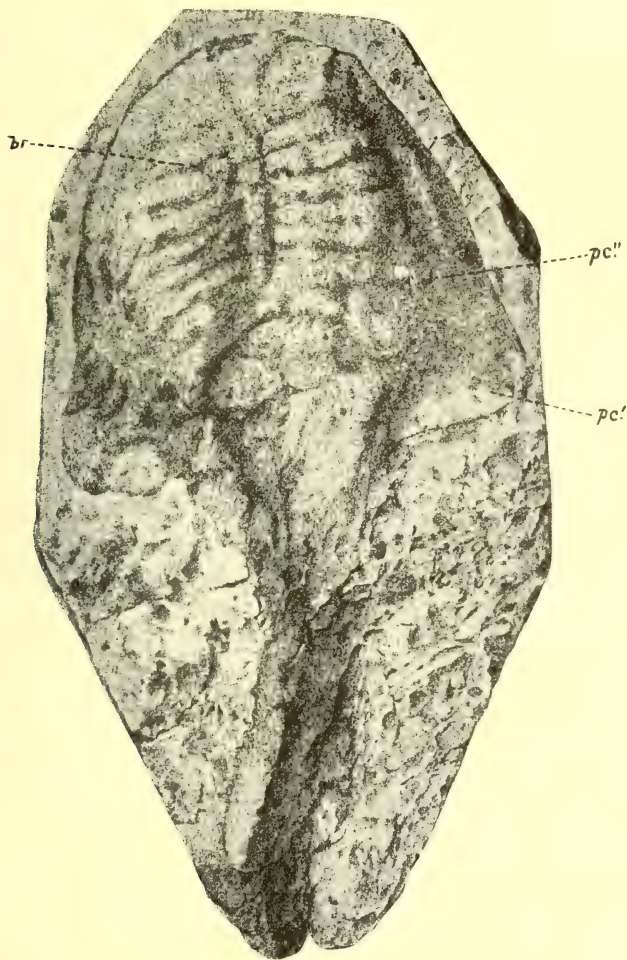


Fig. 9. — *Thelodus Pageri*.

L'animal est vu de dos : *br* branchies (arcs ou poches?); *pc''* partie antérieure de l'étalement latéral; *pc'* partie postérieure de cet étalement.

Traquair admet l'interprétation comme nageoires pectorales des expansions latérales et déclare ne pas voir comment on pourrait les

interpréter autrement. Nous reviendrons sur cette importante question à propos du groupe suivant. De même les travées saillantes sont bien un appareil branchial, mais non des arcs à nu. On ne voit ni les arcs, ni les filaments branchiaux, ni les fentes. Ce que montre le fossile, c'est « simplement l'indication d'un squelette branchial cartilagineux sur le vivant, mais qui a naturellement disparu pendant la fossilisation ».

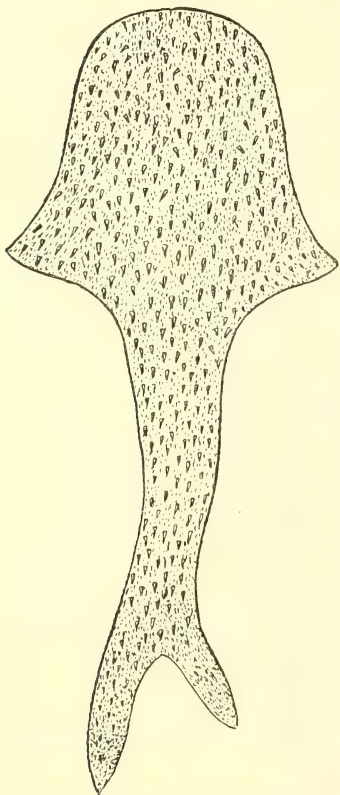


Fig. 40. — *Lanarkia spinosa*.

CONTOUR RESTAURÉ, MOITIÉ DE
GRANDEUR NATURELLE.

Le corps est couvert d'épines de deux tailles différentes. (Mémoire de Traquair.)

Mais l'examen des écailles a donné un résultat inattendu. Leur structure est exactement celle des Coelolépides, tellement qu'on a pu les identifier avec une des formes spéciales, décrite depuis longtemps par Agassiz sous le nom de *Thelodus*, nom définitivement adopté par Traquair.

Dans un deuxième mémoire, présenté à cette même séance (4 juillet 1898), mais dont la rédaction est postérieure au premier, Traquair décrit deux autres espèces, celles-ci siluriennes, également identifiables avec des tubercules connus depuis longtemps à l'état isolé; l'une d'elles est intéressante en ce qu'elle montre deux formes différentes d'écailles, l'une sur la région céphalique, l'autre sur la région caudale.

Les tubercules de *Thelodus* montrent nettement la distinction en une partie supérieure et une partie basilaire. Dans quelques fossiles qui présentent tout à fait la même forme du corps que *Thelodus* (étalement latéral de la portion antérieure), les écailles sont des épines, un cône creux avec canalicules, mais sans base. C'est le genre *Lanarkia*, avec trois espèces.

Les nouvelles espèces de *Thelodus*, pas plus que celles de *Lanarkia*, ne montrent rien qui rappelle l'appareil branchial de l'exemplaire de Powrie.

On se rappellera que dans les couches fournissant en grand nombre les tubercules isolés de Coelolépides, on trouve également des épines

nommées *Onchus* (§ 5, p. 545), et que pour cette raison on a cru que les deux objets pouvaient provenir du même animal, qui aurait été un Sélacien, et plus spécialement un Acanthode. Or, les couches siluriennes du Sud de l'Écosse, qui ont fourni les nouveaux *Thelodus* et *Lanarkia*, ont beaucoup de ces tubercules isolés, mais les épines sont totalement absentes. Ce seul fait suffirait pour infirmer la relation supposée. La découverte d'individus complets où il n'y a pas traces d'épines, avec une forme du corps très spéciale et très constante, rend tout doute impossible désormais. Ainsi tombe une des plus grandes affinités avec les Sélaciens.

13. — *Le revêtement dermique des Coelolépидés.* — Pander et Rohon ont étudié la composition histologique des tubercules de Coelolépидés. De la cavité intérieure partent des canalicules flexueux, dans toute la partie supérieure; ils sont moins nombreux ou tout à fait absents dans la partie basilaire. La structure est nettement hétérostracée. Les Coelolépидés réalisent donc le stade prévu par la théorie, d'êtres à tubercules dermiques durcis mais anhistes, non encore conflués en séries linéaires cohérentes ou en plaques continues.

La forme la plus simple de ces éléments dermiques est celle de *Lanarkia*, car il n'y a que la partie supérieure seule, en forme d'étui conique, sans ajoute d'une partie basilaire.

La signification morphologique de cette structure est facile à interpréter; elle est considérée depuis longtemps comme le durcissement d'une papille dermique. Les petites écailles placoides qui forment le « chagrin » de la peau de Requin sont essentiellement une de ces papilles avec une masse canaliculée (ivoire), une couverture d'émail anhiste sécrété par l'ectoderme sus-jacent; l'épine est fixée par une plaque basilaire d'ordinaire losangique, portion ossifiée du derme avec vraies cellules osseuses. Ces notions ont été rendues classiques par Hertwig et Gegenbaur; elles sont exactes et il n'y a rien à rectifier.

Mais il y a peut-être à compléter quelque peu et à expliquer. Ces travaux ont été faits sur les Sélaciens, considérés avec raison comme les Gnathostomes les plus primitifs, mais toujours des Gnathostomes; il n'a pas été tenu un compte suffisant des fossiles en question, lesquels, du reste, à cette époque n'avaient pas encore été reconnus comme Agnathes, c'est-à-dire comme plus primitifs encore.

Prenons comme point de départ une structure du derme, comparable dans ses grandes lignes à celle de l'*Amphioxus* : une masse anhiste

fibrillaire entre deux couches épithéliales, la supérieure l'épiderme, l'inférieure la membrane limitante; le derme anhiste est un produit de sécrétion de l'une de ces deux couches épithéliales ou de toutes deux. Une papille résulte de l'inflexion de toutes ces couches. Le durcissement de cette papille par dépôt de matière calcaire dans le derme anhiste suppose une modification considérable dans l'activité sécrétoire des cellules épithéliales et aussi dans la perméabilité de la masse anhiste. Il est, en effet, probable que les phénomènes osmotiques de la nutrition ne se font plus aussi facilement dans une masse compacte calcaire que dans une masse presque gélatineuse; la difficulté sera plus grande encore si l'on suppose un accroissement d'épaisseur de la couche dermique sur la papille. Les cellules s'adaptent à ces nouvelles conditions et exigences; tout en conservant leur arrangement épithélial, elles pénètrent dans l'épaisseur du derme anhiste, non point elles-mêmes par tout leur corps, mais uniquement par un long prolongement. Les canalicules de l'ivoire, ou plutôt les prolongements cellulaires qui les occupent, sont donc une adaptation aux conditions de formation et de maintien nutritif de l'ivoire. La structure anatomique paraît bien, telle qu'elle est en réalité, en rapport logique avec les nécessités physiologiques. Cette spécialisation est limitée à la papille elle-même. C'est l'épine de *Lanarkia*, la partie proéminente de l'écaille placode des Sélaciens, l'ivoire des dents dans toute la série des Vertébrés. Cette première spécialisation histologique s'est maintenue inchangée, sans aucune modification.

Le tissu anhiste autour de la papille s'est calcifié à son tour, mais plus tard, dans un stade phylogénique ultérieur. La partie basilaire s'est ajoutée à l'épine proéminente. Ce sont les tubercules des Coelolépидés ordinaires; et avec un développement plus considérable et la confluence : les zones moyenne vacuolisée et inférieure lamellaire des carapaces de Ptéraspidés. Ces zones ne faisant pas partie de la papille proéminente, la spécialisation des cellules épithéliales en canalicules ne s'est pas produite; les parties dures sont restées anhistes.

L'anatomie comparée a montré que les couches anhistes ont une tendance à se cellulariser par immigration d'éléments des épithéliums limitants ou d'amœbocytes errants. Tous les éléments figurés du tissu conjonctif ont cette origine. Fréquemment les cellules se mettent en communication les unes avec les autres par de longs prolongements, nombreux, formant des mailles. Les couches du derme se sont cellularisées de cette façon et leurs cellules sont devenues les corpuscules osseux des Ostéostracés.

14. — *L'appareil branchial de Thelodus.* — Si les Coelolépides sont des Hétérostracés, ils sont naturellement des Agnathes, lesquels ont pour caractères de n'avoir pas encore de membres pairs ni des arcs branchiaux comme les Gnathostomes. M. Traquair regarde les parties latérales de la portion étalée antérieure du corps comme des nageoires pectorales, et Powrie a parlé d'*arcs* branchiaux. Laissant de côté la question des membres, nous ne nous occuperons pour le moment que de l'appareil branchial.

Rappelons qu'il ne s'est trouvé jusqu'ici que dans l'unique exemplaire de *Thelodus Pagei* de Powrie, et qu'il n'y a absolument rien dans les deux autres espèces de *Thelodus* et dans les trois espèces de *Lanarkia*. Or, il est inadmissible que des formes si voisines présentent de telles différences au point de vue d'un organe morphologiquement si important. Si *Thelodus Pagei* avait un tel développement du tissu cartilagineux qu'on doive attribuer à ce tissu la conservation des traces qu'il a laissées, les autres espèces l'auront possédé également. La différence ne peut s'expliquer que par une circonstance spéciale, un hasard heureux de la fossilisation de l'exemplaire de Powrie.

Remarquons en outre que si Powrie parle nettement d'*arcs* branchiaux, Traquair parle simplement d'un appareil branchial, d'un squelette cartilagineux branchial, sans se commettre en une expression à sens morphologique précis. Qu'il y ait eu, non seulement chez *Thelodus Pagei*, mais aussi chez tous les autres, des branchies, cela ne peut faire l'ombre d'un doute. On peut parfaitement aller plus loin et admettre que l'exemplaire de Powrie nous montre quelque chose de ces branchies; mais on peut imiter la réserve prudente de Traquair.

Nous avons considéré comme probable chez tous les Agnathes (§ 10, p. 358) la disposition en poches musculaires de l'appareil respiratoire, comme remplaçant fonctionnellement les arcs pour produire les mouvements d'inhalation et d'exhalation. Or, les marques de *Thelodus* peuvent s'interpréter comme des poches, aussi bien et même mieux que comme des bosselures produites par des arcs cartilagineux. On peut faire valoir deux considérations : l'épaisseur ou la largeur d'avant en arrière des bosselures et leur direction à peu près exactement transversale.

Comme arcs branchiaux, *Thelodus Pagei* devait avoir des arcs exceptionnellement épais; l'épaisseur paraît plus grande dans les portions latérales que dans les portions médianes, surtout pour les bosselures les plus postérieures. Or, dans toute la série des Poissons, les arcs branchiaux postérieurs sont beaucoup moins développés que les antérieurs, plutôt

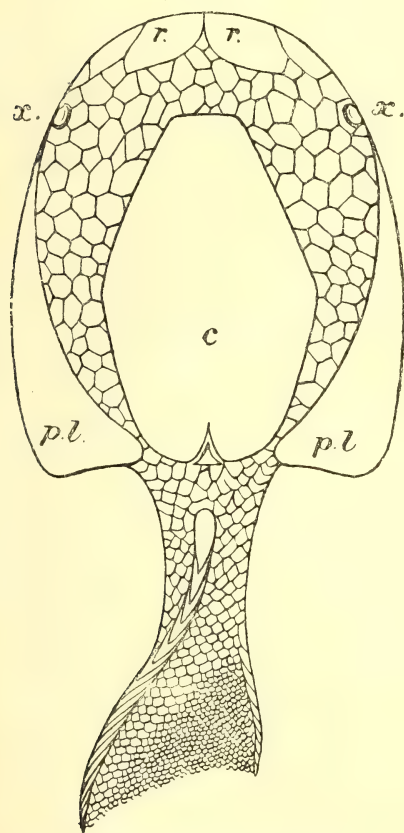
rudimentaires; on sait que ces organes se réduisent d'arrière en avant. Toutefois, chez les Sélaciens aplatis, les Raies, et chez les Chimères, le dernier arc, quoique beaucoup plus simple et plus court que les autres, est assez élargi dans sa pièce conservée. Tout en donnant, par impartialité, cet argument contraire, l'aspect d'ensemble me paraît beaucoup plus rappeler des poches que des arcs.

Les arcs branchiaux sont toujours dirigés en arrière, jamais exactement transversalement. Ce détail doit certainement avoir été observé, et il a, je crois, une très grande importance physiologique. Quand ces arcs sont en adduction, c'est-à-dire rapprochés de l'axe du corps, la cavité pharyngienne est réduite au minimum; les arcs viennent alors au contact l'un de l'autre; s'ils étaient tous également longs, s'ils avaient les mêmes dimensions, il resterait entre deux arcs consécutifs un espace annulaire libre, ouvert; mais précisément un arc postérieur est un peu plus petit que son antérieur immédiat, et cette légère diminution de taille permet la juxtaposition exacte des bords des deux arcs et l'occlusion de la fente. Au contraire, quand ils sont en abduction, c'est-à-dire écartés de l'axe, en position transverse, les fentes sont ouvertes au maximum. Or, il doit suffire d'une légère surpression interne pour faire pivoter les arcs sur leurs articulations supérieure et inférieure et les écarter; de même qu'une légère pression interne négative ou une surpression extérieure doit les pousser en arrière et les mettre en contact. Les mouvements respiratoires des arcs branchiaux, par ce simple artifice de leur direction postérieure, sont donc très efficaces et peuvent être presque entièrement automatiques. Ici également, *Thelodus Pagei* ne se conforme pas à la règle. Les premières bosselures sont tout à fait transversales; les dernières seules sont très faiblement inclinées en arrière.

Je crois donc que la nature des bosselures ne démontre nullement qu'il y a eu de vrais arcs branchiaux et que le fossile peut raisonnablement s'interpréter comme ayant possédé des poches, fort développées à la vérité, surtout vers la ligne médiane. Par des circonstances spéciales, ces poches se seront remplies de vase et auront ainsi amené, dans le cours ultérieur de la fossilisation, les bosselures de la peau dorsale. Il est tout naturel alors qu'elles soient plus larges qu'avec des arcs et qu'on ne trouve pas d'ouvertures.

15. — *La famille des Drepanaspidés.* — Traquair place parmi les Coelolépidés un fossile du Devonien inférieur de Gmünden imparfaitement décrit sous le nom de *Drepanaspis* en 1887. Une nouvelle étude

de Traquair, sur un matériel plus abondant, se trouve résumée dans son mémoire. Le contour de l'animal est comme celui des Coelolépides. Le squelette dermique se compose d'un grand nombre de plaques polygonales et de quelques grands boucliers, dont un ventral. Toutes ces pièces sont ornées de tubercules assez rapprochés. L'interprétation toute naturelle est que les pièces squelettiques résultent de la confluence de tubercules isolés. Ceux-ci sont l'élément primitif, isolé chez les Coelolépides, arrangé en séries linéaires chez *Pteraspis*; mais d'autres groupements sont aussi possibles, et *Drepanaspis* nous en montre un : la coalescence par petites zones. Il était tout indiqué de contrôler par une étude microscopique, mais c'est impossible : les fossiles sont pyritisés, admirablement conservés, comme les Trilobites américains avec leurs appendices; seulement ce mode de fossilisation détruit toute l'histologie.



L'animal est vu de dos; le contour des plaques dermiques est donné, mais pas les dessins qui les ornent.

r. plaques rostrales;

x. probablement les yeux;

c. grande plaque dorsale;

p. l. plaques latérales, membres antérieurs pour Traquair, probablement cornures.
(Figure tirée du mémoire de Traquair.)

Fig. 11. — *Drepanaspis*.

Parmi les grandes plaques, il y en a une de chaque côté, enveloppant largement l'angle postérieur de la partie antérieure étalée du corps, cette partie que l'on considère comme une nageoire pectorale. Il est certain, comme le remarque du reste Traquair, que, physiologiquement tout au moins, ce recouvrement ne permet plus au membre d'exercer sa fonction motrice.

La queue est forte, hétérocerque, mais à peine bilobée; ses bords supérieur et inférieur sont recouverts de fortes écailles pliées (fulcres) et imbriquées. Les yeux sont latéraux. Il n'y a, comme toujours, pas la moindre trace de mâchoires ni de dents.

16. — *La famille des Psammostéidés.* — On a décrit depuis longtemps sous le nom de *Psammosteus* des plaques à ornementation tuberculeuse fort semblable à celle de *Drepanaspis* et à structure semblable à celle de *Pteraspis* : trois couches, l'externe et la moyenne à vacuoles avec des canalicules dentaires, l'inférieure lamellaire, perforée par des vaisseaux. On n'a jamais trouvé d'individu complet, et les interprétations ont, par conséquent, beaucoup varié. Le plus généralement, on en faisait des Requins cuirassés. Traquair les considère comme représentant un animal très voisin de *Drepanaspis*; certaines pièces spéciales énigmatiques seraient les fulcres caudales.

17. — *La composition et les affinités de l'ordre des Hétérostracés.* — Le groupe a été constitué, comme nous l'avons dit, uniquement pour les Ptéraspidés. Les Coelolépidés étaient connus par les tubercules isolés dont la structure histologique était pourtant assez claire; mais l'association avec les épines Onchus les faisait considérer comme Sélaciens. Traquair lui-même, pour rectifier cette erreur, n'a pas été guidé par le caractère histologique, qu'il mentionne à peine, mais par la forme générale du corps et les homologues entre la carapace de *Drepanaspis* et de *Pteraspis*. Nous trouvons la marche de ses idées dans les lignes suivantes : « Si les Ptéraspidés sont reliés aux Drépanaspidés, il en résulte, par la même voie de raisonnement, qu'ils sont aussi reliés aux Psammostéidés et finalement aux Coelolépidés (p. 853). »

Les caractères communs aux quatre familles sont : la structure histologique, l'absence de mâchoires et de dents, la position latérale des yeux, une queue fortement hétérocerque, aucune autre nageoire impaire.

Les divers genres forment une série bien graduée, qui commence avec *Lanarkia* pour arriver à *Pteraspis* et se continuer dans *Cephalaspis*. Tout

cela est très net, très logique et admirablement exposé par Traquair.

Nous y ajouterons une autre considération. L'évolution consiste ici dans un groupement des tubercules finissant par constituer par leur fusion une carapace continue et cohérente; le tubercule considéré en lui-même conserve des dimensions très faibles. Mais il y a eu une autre direction d'évolution, caractérisée par le maintien de l'indépendance des tubercules et leur augmentation de taille, par la forme losangique acquise par la partie basilaire : les Sélaciens. Chose très remarquable, *Lanarkia* constitue tout naturellement aussi le point de départ de cette série, et il y a donc eu divergence dès le début. Les tubercules de *Lanarkia* sont des épines saillantes, ressemblant plus à la dent de l'écaille placoïde sélacienne qu'à la couronne aplatie des Coelolépides. Il y a donc eu chez ceux-ci réduction de la partie saillante et ajoute d'une partie basilaire, mais de mêmes dimensions horizontales que l'épine. La forme chez *Lanarkia* est plus normale et plus primitive, si l'on prend, comme point de départ de la structure, la calcification de l'enveloppe dermique d'une papille, naturellement saillante.

Les trois espèces de *Lanarkia* sont intéressantes en ce qu'elles montrent une série très bien graduée aussi. *L. spinulosa* a toutes les épines petites, serrées; *L. spinosa* a les mêmes épines, mais quelques-unes beaucoup plus grandes, plus espacées; *L. horrida* a presque toutes les épines grandes, avec la base un peu évasée. Les grandes épines ne résultent donc pas de la soudure des petites, mais du plus grand développement de quelques-unes, qui rend les autres inutiles et amène leur disparition. C'est un bon exemple de la concurrence des organes.

Traquair a parfaitement vu les rapports des Coelolépides avec les Sélaciens. Les cônes de *Lanarkia* sont pour lui la forme la plus simple de tubercule dermique; dans ses premiers travaux, il nomme les Coelolépides des formes primitives. Il termine son mémoire sur *Thelodus* en disant « que par eux, les Hétérostracés (*Pteraspis*) ont eu une origine commune avec les Élasmobranches primitifs » (p. 602).

Mais il y a une note au bas de la page : l'opinion du Dr Reis, de Munich, qui considère les Psammostéidés et les Ptéraspidés « comme un groupe homogène d'Élasmobranches dégénérés ». Dans son deuxième mémoire, sur les Poissons siluriens, Traquair retire le mot *primitif* et accepte entièrement la théorie de dégénérescence (p. 844).

On se demande naturellement les raisons qui ont pu amener un pareil changement. Il semble que c'est la forme aplatie des nouvelles espèces et surtout la présence de membres thoraciques.

Les conséquences de cette volte-face sont importantes. L'absence de dents, de nageoires ventrales, dorsales et anales, tous caractères de simplicité, n'est pas archaïque, mais indiquerait plutôt une considérable spécialisation. Le groupe des Agnathes n'est pas accepté. C'est un bouleversement complet de la classification.

Tout en reconnaissant que les questions de phylogénie ne comportent que des probabilités et seulement pour les grandes lignes, on peut cependant essayer de préciser les idées. C'est une condition indispensable pour voir si elles sont acceptables, non seulement en elles-mêmes, mais aussi dans toutes leurs conséquences logiques. La première question qu'on pourrait poser à Traquair, c'est comment il se représente l'ancêtre Élasmobranche, dont les Coelolépides sont les premiers descendants; la comparaison des deux types donnera la nature des modifications régressives subies.

Sur plusieurs des points de l'organisation, Traquair s'est prononcé avec toute la précision désirable. L'énumération faite plus haut de quelques caractères de dégénérescence nous permet de reconstituer cet ancêtre conformément à ses idées. C'est un Gnathostome, puisque les Hétérostracés auraient encore tous des mâchoires, mais perdu les dents, avec des nageoires dorsales et anales et une paire abdominale, avec un squelette ptychoptérygial comme celui de *Cladodus* dans ces nageoires, car Traquair dit expressément que le lobe cutané des Coelolépides (*the lappellike fin-flap*) est une forme dégénérée du *Ptychopterygium*.

Tout cela est, à la rigueur, possible, même au besoin les actions contradictoires du maintien d'une nageoire pectorale fort développée, avec perte de son appareil de soutien.

Mais comment était l'armure dermique? Si, à ce point de vue, l'ancêtre était également un Sélacien typique, la dégénérescence a fait disparaître la partie basilaire pour ne laisser que la seule épine chez *Lanarkia*; mais dans l'évolution ultérieure de cette branche spéciale, la partie basilaire s'est reconstituée, seulement avec une structure anhiste. Si l'on admet que la partie basilaire n'a pas été entièrement perdue, alors *Lanarkia* n'est plus le plus primitif des Hétérostracés, et il s'agirait d'expliquer comment la partie basilaire a perdu ses cellules osseuses pour devenir anhiste. Si on considère l'ancêtre comme n'ayant pas encore de partie basilaire, on retombe, pour l'armure dermique au moins, dans l'interprétation directe des faits; la série évolutive devient celle que nous avons indiquée; et alors, pourquoi attribuer tous les autres caractères gnathostomes à un être qui présente un tel

caractère d'infériorité histologique que, sous ce rapport, il est plus près de l'Amphioxus que des Craniotes?

L'hypothèse de la dégénérescence formulée par Reis, reprise par Traquair, va à l'encontre des faits. Elle est une complication inutile, elle amène devant des conséquences inadmissibles.

IV. — Les Ostéostracés.

18. — *La famille des Céphalaspides*. — Ce sont les premières formes connues, décrites par Agassiz, qui réunissait dans le même genre les Ptéraspidés. Le squelette dermique montre les trois régions; l'externe, avec canalicules dentaires et structure d'ivoire, n'a pas subi de changement histologique; les couches moyenne et inférieure ont perdu leur caractère anhiste et possèdent des cellules osseuses typiques dans l'épaisseur de leur masse.

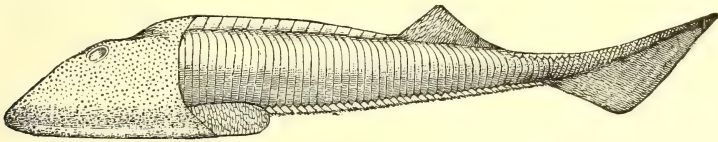
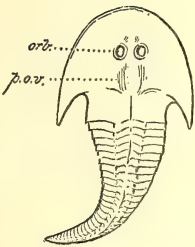


Fig. 12. — *Cephalaspis Murchisoni*.
RESTAURATION DEMI-GRANDEUR.



VU D'EN HAUT, GRANDEUR NATURELLE.

orb. orbites; p. o. v. dépression ou vallée postorbitale. Il y a confluence des premières rangées d'écaïlles du tronc avec le bouclier céphalique.

Fig. 13. — *Auchenaspis Egertoni*.

La pièce principale constitue un bouclier céphalique bombé, largement étalé latéralement, souvent prolongé en arrière aux angles postérieurs en forme de cornes, *cornua* des auteurs anglais. Le reste du corps est recouvert de plaques rectangulaires allongées, la plus grande dimension dirigée dorso-ventralement. La face inférieure de cette région était aplatie, donnant à la coupe transversale du corps un contour triangulaire. Des pièces osseuses saillantes prolongent les deux angles latéro-inférieurs; Patten (*V Intern. zool. Congr.*, Berlin, 1901, p. 192)

a constaté que, dans une espèce au moins, elles sont nettement articulées par une tête avec les plaques latérales des côtés.

L'aplatissement de toute la surface inférieure, tête et tronc, indique un habitat sur le fond. La position des yeux tout près de la ligne médiane, l'accumulation en cet endroit de divers organes énigmatiques, mais probablement sensoriels, confirment cette conclusion par rapport à l'habitat.

19. — *La famille des Atéléaspidés.* — Le groupe des Ostéostracés ne comprenait que la seule famille des Céphalaspides. Traquair a fait connaître une autre forme. Les échantillons sont peu nombreux et fort

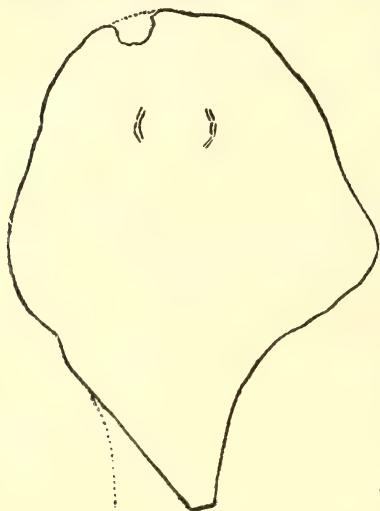


Fig. 14. — *Ateleaspis*.

Contour et indication de l'emplacement des orbites. (Mémoire de Traquair.)

fragmentaires, mais on a pu s'assurer que le bouclier céphalique n'était pas une pièce unique. Il est formé de pièces polygonales tuberculées, résultant de la confluence de tubercules coelolépides, comme *Psammosteus* et *Drepanaspis*. Le contour est aussi celui d'un Coelolépide; il n'y a pas de cornua, mais un étalement latéral : « nageoire pectorale ». La queue rappellerait *Thelodus*, mais les yeux sont médians et l'histologie des tubercules est celle d'un Ostéostracé. C'est donc un mélange de caractères, une forme nettement intermédiaire. Le mot *Ateleaspis* signifie « bouclier imparfait ». L'animal démontre les relations intimes des Hétérostracés avec les

Ostéostracés, niées dans le temps par Ray Lankester et plus récemment par Reis. Traquair, au contraire, les admet.

20. — *Les « membres pectoraux » des Hétérostracés et des Ostéostracés.* — Nous pouvons écarter dès le début les nageoires signalées chez *Palaeospis* par Clappole. Tout le monde est d'accord qu'il y a là une erreur d'interprétation.

Pour être complet, mentionnons ici que sur des exemplaires de *Palaeospondylus*, Dean prétend trouver des traces de rayons latéraux, qui auraient constitué une nageoire continue tout le long du corps. Cette interprétation n'a pas été admise par Traquair.

Certains exemplaires de Céphalaspides montrent derrière la tête, intérieurement aux cornes, une espèce de lobe. Ray Lankester (1870, p. 41) dit que ce sont « des pectorales de forme et de caractères très singuliers... Elles diffèrent des autres nageoires (du même animal) en ce qu'elles ne présentent aucune trace de rayons ou des fines écailles qui montent de la base à la pointe sur la dorsale et la caudale. Ce sont simplement des expansions elliptiques avec quelque matière calcaire dans leur structure, qui a amené leur préservation et a rendu visible une espèce de dessin réticulé ou aréolé, qui leur est tout à fait particulier. Le caractère si différent de ces nageoires tend à suggérer qu'elles peuvent avoir d'autres fonctions que simplement la locomotion, et il ne semble nullement improbable par leur position, qu'elles peuvent avoir été utiles en produisant des courants d'eau dans les organes branchiaux recouverts par le grand bouclier. L'orifice de sortie des organes branchiaux est indiqué par les perforations latérales dans le bouclier de *Pteraspis*. Les nageoires ont donc pu aider à la respiration, tout comme à la locomotion, ainsi qu'on le voit encore chez les alevins des Téléostéens actuels pour la nageoire pectorale. Ces organes pectoraux sont mentionnés ici (dans la partie générale) parce qu'il semble à peine douteux qu'ils ne soient caractéristiques du groupe, peut-être même aussi des Hétérostracés; il n'est guère probable qu'ils n'étaient développés que dans un seul genre de la série étroitement alliée des Ostéostracés. »

Dans les parties latérales de la carapace céphalique, tout le long du bord sur une certaine longueur, il y a un canal creux. « Ce bord creux doit être comparé avec les cornua creux de *Pteraspis*; et probablement comme eux il avait des ouvertures à ses angles postérieurs, tout près de l'attache des appendices pectoraux (p. 36). »

Il y a surtout à retenir les points suivants :

1° Les appendices considérés comme membres pectoraux seraient dans une certaine mesure au service de la fonction de respiration ;

2° L'ensemble du bord de la carapace de *Cephalaspis* correspondrait aux cornua de *Pteraspis*, et non uniquement leur prolongement en arrière, l'épine latérale ;

3° L'orifice branchial serait juste devant la racine du membre, dans l'échancrure postérieure de la carapace; dans la reconstruction de l'animal, cette ouverture est indiquée comme une ligne en croissant.

Nous n'examinons pas pour le moment le bien fondé de ces interprétations, mais nous constaterons que les idées de Lankester sont parfaitement claires et nettes. Or, nous allons voir se produire une confusion.

A propos de *Thelodus*, Traquair (p. 599) dit : « Ces expansions (*flap-like expansions*) ont été considérées par Powrie comme des nageoires pectorales, comparables à celles des Raies, et, pour ma part, je ne vois pas comment nous pouvons les interpréter autrement que comme des plis latéraux ou nageoires (*as lateral fin-folds*). Si cette interprétation est correcte, nous avons ici un point très intéressant en rapport avec la question fort discutée de la morphologie des membres paires chez les Vertébrés. »

A propos des caractères généraux des Coelolépides, il dit que « les projections en forme de pan ou de lobe (*flap- or lappet-like projections*) représentent probablement le membre pectoral » (p. 828). La même expression « *fin-flap* » revient pages 843 et 844, — page 854 pour *Ateleaspis*. Elle avait déjà été employée antérieurement par Traquair (p. 595), mais pour l'organe de *Cephalaspis*.

Il est facile de voir, en se reportant aux figures, que deux choses très différentes sont désignées par ce même mot. Chez les Coelolépides, ce mot s'applique à toute la partie latérale, occupée par les cornua chez *Pteraspis* et *Cephalaspis*. Chez ce dernier, il s'agit de quelque chose ne faisant plus partie de l'étalement céphalique, à rattacher évidemment au tronc, et situé derrière le bouclier, dans une échancrure de celui-ci, entre le tronc et les cornua. Pour prendre une comparaison, ce serait comme si l'on confondait, chez un poisson osseux, l'opercule et la nageoire pectorale.

A mesure qu'on avance dans une comparaison vicieuse, les difficultés doivent augmenter. *Drepánaspis* est comparé d'abord à *Thelodus* et *Ateleaspis*. Les « *postero-lateral lappet-like projections* » de ceux-ci sont des nageoires; elles se retrouvent chez *Drepanaspis* avec le même contour général, mais rendues absolument sans fonction locomotrice par leur enveloppement dans une plaque osseuse rigide (p. 846).

Maintenant, cette pièce squelettique dermique, correspondant à la nageoire pectorale des Coelolépides, est nettement l'homologue des cornua de *Pteraspis* (p. 852), par conséquent aussi des cornua de *Cephalaspis*, mais par conséquent non de la nageoire de *Cephalaspis*. Traquair admet pourtant également cette homologie (p. 858), incompatible avec la première.

Un seul auteur a signalé cette contradiction : G. B. Howes (*Nature*, 25 janv. 1900, p. 509). Il propose d'interpréter *Thelodus* comme suit : Il y a une indication de division transversale de la grande nageoire, en une partie antérieure assez longue et une partie postérieure triangulaire; la première correspond aux cornua de *Pteraspis* et *Cephalaspis*

et est au service de la respiration (suggéré par Howes comme opercule) ; la seconde est un membre pectoral, homologue au « flap » de *Cephalaspis*. Il en résulte « que le membre pectoral des Ptéraspidés est encore à chercher ». Howes n'est nullement partisan de la théorie de dégénérescence ; les affinités avec les Cyclostomes lui paraissent réelles et l'existence d'un groupe agnathe et apode primitif fort admissible.

Il me semble y avoir un autre argument encore. On prend toujours en considération *Pteraspis* et *Cephalaspis*, mais on ne parle pas de *Palæaspis* ni de *Cyathaspis*. Ici, il n'y a certainement pas de nageoire pectorale et il n'y a rien qui puisse être homologué avec les cornua.

Smith Woodward nous tirera d'embarras. Pour lui, les poches branchiales de *Cyathaspis* s'ouvriraient dans une chambre externe sous la carapace, avec une ouverture près de l'angle postéro-latéral de la carapace (p. 5). Pour *Cephalaspis*, il dit (p. 10) : « A chaque angle postéro-latéral de la carapace, la couche moyenne vasculaire de sa substance est prolongée en arrière en un pan flexible, parfois long comme la moitié de la carapace et probablement en rapport avec la sortie de l'eau de la chambre branchiale. »

Ces vues sont très importantes quand on leur donne un peu d'extension. Tous les Poissons considérés jusqu'ici n'ont pas les ouvertures branchiales isolées ; il n'y a qu'une ouverture de sortie unique. Cela est certain chez *Pteraspis*. Il doit donc y avoir un canal collecteur : c'est le pan latéral des Coelolépidés, les cornua de *Pteraspis* et des Céphalaspidés. Des exemplaires (non encore décrits) de *Drepanaspis* montrent nettement à l'angle une grande ouverture triangulaire ; l'un des bords est la ligne sur laquelle Howes a basé son argumentation de la division de la partie latérale. Parmi les Cyclostomes vivants, *Myxine* n'a également qu'une ouverture de sortie. *Petromyzon* et *Bdellostoma* ont au contraire les ouvertures distinctes ; il en est de même pour le *Tremataspis* de Rohon, rangé parmi les Céphalaspidés, qui a six ouvertures isolées sur la face ventrale, une ouverture spiraculaire (?) sur la face dorsale, — et *Birkenia* et *Lasanius*, genres nouveaux, décrits par Traquair, dont nous parlerons plus loin.

Quelle serait la morphologie de ce canal collecteur ? Il correspond physiologiquement à la cavité atriale d'*Amphioxus* et des larves de Batraciens anoures, à l'espace sous-operculaire des Téléostomes. Morphologiquement, toutes ces structures sont des duplicatures cutanées. Mais l'exemple de *Myxine* démontre qu'une ouverture unique et un canal collecteur peuvent résulter de la fusion des conduits branchiaux, ce qui est morphologiquement très différent. Les faits connus sont

insuffisants pour décider comment il en était chez les fossiles; la seconde hypothèse me paraît toutefois la plus probable.

Comme le disait Lankester, il serait étrange que, dans des formes en somme étroitement apparentées, il y eût une telle instabilité, allant jusqu'à la disparition complète, pour des organes aussi importants, aussi typiques que des membres latéraux. L'idée de Smith Woodward ne voit plus dans ces divergences que des variations tout à fait secondaires de l'orifice branchial externe, sans aucune portée morphologique générale. Cette idée est certainement de loin la plus logique et la plus plausible.

Elle comporte également le caractère apode de tout le groupe.

L'aplatissement du corps est dû chez les Raies en partie à l'extension en avant de la nageoire pectorale; chez *Lophius*, à l'énorme agrandissement de l'ouverture buccale. Chez les Agnathes, il semble, au contraire, résulter de modifications des organes branchiaux : allongement transversal des poches muscularisées chez *Thelodus* (si notre interprétation est admise), situation latérale du conduit collecteur de sortie chez la plupart des autres formes. Dans quels rapports ces différents modes sont avec des genres de vie différents, il est impossible de le dire; mais les deux premiers modes sont exclus pour des organismes agnathes et apodes.

V. — Les Anaspidés.

21. — *Le genre Birkenia.* — Très rare dans les couches siluriennes de Ludlow, cet étrange poisson se trouve fréquemment dans le niveau immédiatement supérieur de Downton. La taille maximum paraît avoir été de 10 centimètres. Le contour est régulièrement pisciforme; il y a une petite nageoire dorsale assez loin en arrière, une queue hétérocerque. Ce contour serait donc parfaitement normal, s'il n'y avait dans la ligne médiane ventrale une série de formations, devenant des épines saillantes dans la moitié postérieure.

Le poisson est entièrement cuirassé, mais par des pièces distinctes non réunies en grandes plaques; l'arrangement de ces pièces est tout à fait singulier et sans analogie avec quoi que ce soit. Il y a cinq rangées horizontales de plaques longues et étroites comme celles de *Cephalaspis*, mais inclinées de diverses façons dans les diverses rangées; même dans la rangée inférieure, il y a deux directions différentes. Les trois rangées latérales moyennes sont inclinées en bas et en avant, donc en sens contraire de ce qui est la règle chez les Palaeoniscidés,

avec lesquels, sans cela, il y a une certaine ressemblance superficielle.

La tête à museau obtus est recouverte d'écailles fort petites et fusiformes, curieusement groupées en aires; dans chaque aire, les écailles sont parallèles. Que l'on se figure un losange, divisé en quatre triangles rectangles par les deux diagonales, puis dans chaque triangle les écailles parallèles à l'hypoténuse, et l'on aura une idée exacte de la parité supérieure de la tête, telle que la donnerait une vue d'en haut.

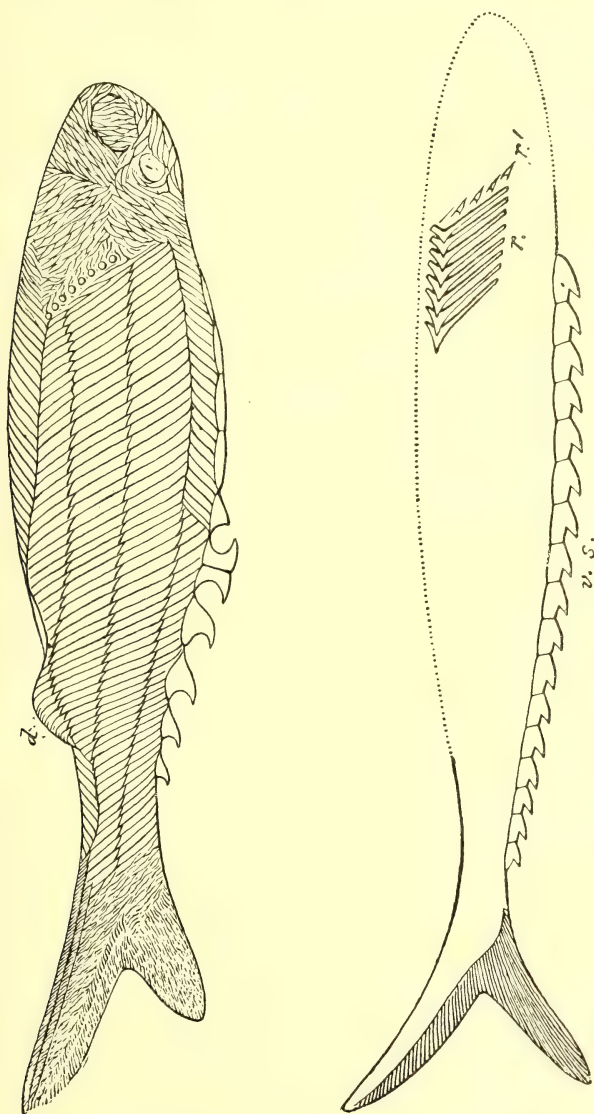


Fig. 15. — *Birkenia*.

Fig. 16. — *Lasanius*

Juste derrière le bout du museau, les écailles forment un cercle autour d'un espace où il y a une aire avec des écailles disposées verticalement. Puis un peu plus en arrière et plus bas, il y a une ouverture plus petite, sans écailles à l'intérieur. Il n'y a là rien d'accidentel, car ces deux structures sont constantes et l'arrangement circulaire des plaques démontre qu'elles sont normales. Mais que représentent-elles? Traquair remarque que la première est là où se trouve l'œil des Palaeoniscidés, mais la présence d'écailles au fond gêne considérablement cette interprétation. Pour la seconde, elle est sur la mauvaise face (la face plutôt ventrale) de la tête pour une orbite; ce ne peut être une bouche, puisqu'il y a une ouverture semblable de l'autre côté; il n'est même pas certain que ce soit réellement une ouverture.

Le contour ventral est recouvert en avant par quatre plaques plates et une cinquième proéminent en épine dirigée en arrière. « Pour autant que je puisse en juger, dit Traquair (p. 859), ces plaques paraissent placées d'un côté de la ligne médiane, mais je ne puis pas le prouver, car dans aucun exemplaire on ne voit leurs homologues de l'autre côté. » Puis viennent, exactement cette fois-ci sur la ligne médiane, cinq fortes épines dont la première est double, avec deux pointes, l'une dirigée en avant, l'autre en arrière.

Sur les flancs, tout juste derrière la tête, il y a une série oblique de huit trous ronds; la seule interprétation qui se présente est leur nature branchiale.

22. — *Le genre Lasanius*. — Dans les couches de Downton, on a trouvé des exemplaires, atteignant environ 5 centimètres, d'un poisson entièrement dépourvu d'écailles, mais dont le contour était bien conservé par empreinte. Il y avait dix-huit épines ventrales sur la ligne médiane en une série continue. Dans la partie latérale de la tête, il y avait huit barres coudées; la première est précédée d'une série de cinq ou six petites épines.

Le contour est normal et la queue hétérocerque.

25. — *L'ordre des Anaspidés*. — Il n'est pas besoin d'insister sur le caractère étrange de ces Poissons. Traquair raconte que pour *Lasanius*, il l'a retourné trois fois. Il l'a d'abord mis le ventre en bas, à cause de la ressemblance des épines avec celles de *Birkenia*, dont la situation était connue. Puis il l'a retourné, considérant comme plus probable une situation dorsale pour une pareille série d'épines; mais alors il a reçu un échantillon avec la queue, qui a démontré que décidément les épines étaient ventrales.

Les deux formes sont évidemment apparentées, car on peut homologuer les épines ventrales. Elles ont en outre le même contour. L'absence d'écailles est, pour Traquair, une modification secondaire; il remarque que les barres parallèles de *Lasanius* ont la même direction (inclinées vers le bas et en avant) que les plaques de la même région chez *Birkenia*. D'où il conclut que *Lasanius* est une forme secondaire, plus spécialisée.

Le caractère normal du contour pisciforme est à rapprocher d'un détail que donne Traquair : les fossiles sont toujours couchés sur le côté et étaient par conséquent aplatis latéralement. Nous en concluons à des habitudes nageuses en pleine eau.

Les huit ouvertures latérales de *Birkenia* suggèrent l'idée d'ouvertures branchiales, à rapprocher de *Tremataspis*. Traquair fait ce rapprochement et explique parfaitement la position ventrale chez ce dernier par son aplatissement, comme chez les Raies.

Il me semble qu'il aurait pu pousser plus loin le rapprochement. En effet, un travail supplémentaire de Rohon (*Mélanges géol.*, 1894, non mentionné dans la liste bibliographique de Traquair) insiste sur quelques particularités. Le bouclier céphalique porte, au centre, le complexe d'organes ordinaire des Céphalaspides. Mais il y a en outre, plus près du bord dans la région antérieure, de chaque côté, une cavité; plus loin en arrière, une seconde, en ovale allongé. Comme ces deux cavités occupent la même situation chez *Tremataspis* et chez *Birkenia*, on doit les considérer comme homologues.

Chez *Tremataspis*, Rohon a commencé par croire que la première paire, l'antérieure, était un trou, une perforation traversant toute l'épaisseur de la carapace; il l'a dénommée « orifice nasal ». Plus tard, il a constaté que le trou était obturé au fond par un plancher, continuation de la couche inférieure osseuse de la carapace; ce plancher est rugueux comme une couche spongieuse, sans couverture d'ivoire ni d'émail. Il a alors appliqué la dénomination de « fosse nasale ». Dans cette interprétation, comme l'organe est pair, l'animal aurait été amphirhinien. Comme yeux, il considérerait l'ouverture en biscuit au sommet de la tête, renfermant les deux orbites fort rapprochés l'un de l'autre.

Chez *Birkenia*, le creux latéral antérieur a également un plancher, mais composé d'écailles fort semblables à celles qui recouvrent le reste de la tête. Si on transporte dans ce genre l'interprétation de Rohon, comme on doit pouvoir le faire par suite de l'homologie, la fonction orbitaire suggérée avec doute par Traquair tombe; mais comme il

semble n'y avoir rien au sommet de la tête qui rappelle des yeux rapprochés, il en résulterait que *Birkenia* n'avait pas d'yeux. Si on fait l'inverse, si on applique à *Tremataspis* l'interprétation de Traquair pour *Birkenia*, le premier genre aurait, outre la paire d'yeux au sommet de la tête, encore une paire latérale, c'est-à-dire une paire de trop.

Dans un travail récent, Patten (1) a donné quelques nouveaux détails sur *Tremataspis*, interprétés dans le sens des affinités entre les Vertébrés et *Limulus*. Il confirme la présence d'un plancher et signale la ressemblance de la première paire de cavités avec les yeux latéraux de *Limulus*. Quant aux yeux au sommet du crâne chez *Tremataspis*, ils feraient partie du complexe pinéal. Quelque opinion qu'on se fasse de la théorie de Patten, il est juste de reconnaître que cette dernière interprétation mérite de fixer l'attention.

La paire postérieure de cavités latérales est pour Rohon une vraie perforation, une ouverture spiraculaire. La ressemblance avec les Raies serait donc complète, en ce sens que toutes les ouvertures branchiales seraient sur la face ventrale, sauf la première, qui est sur la face dorsale de la tête. Cette interprétation nous met en conflit avec une donnée généralement admise par l'anatomie comparée : la modification de la première fente branchiale en un spiraculum serait une conséquence de la transformation des deux arcs limitant cette première fente, de la transformation des deux premiers arcs respectivement en arc mandibulaire et en arc hyoïdien. Or, si *Tremataspis* est un Agnathe, il n'est pas question d'arcs inférieurs en général, encore moins de spécialisation en arcs mandibulaire et hyoïdien. Ou bien si l'interprétation comme spiraculum est admise, la transformation de la première fente ou du premier conduit branchial est indépendante de la transformation des arcs.

La question a changé de face par un renseignement donné par Patten : cette cavité postérieure, tout comme la cavité antérieure, est fermée par un plancher. On a vu que Traquair n'était pas sûr que ce fût une ouverture. Patten en fait « un organe segmentaire sensoriel, comparable avec les organes dits dorsaux de l'embryon des Limules, homodynames avec les yeux latéraux ».

La conclusion à tirer de tout cela, c'est que nous avons affaire à des organes encore absolument énigmatiques. Tout ce que l'on peut soupçonner, c'est qu'ils devaient avoir une certaine importance physiolo-

(1) PATTEN, *On the structure and classification of the Tremataspidae*. (MÉM. ACAD. PÉTERSBO., VIII^e série, vol. XIII, n^o 5, séance du 20 octobre 1901, publié 1903.)

gique, car ils occupent une surface assez notable de la tête. Ce sont aussi des organes ayant une certaine portée phylogénique, car on les trouve chez des êtres aussi différents que *Tremataspis* et *Birkenia*. On ne peut rien dire au sujet de *Lasanius*, à cause de l'absence totale de parties dures, dermiques.

Que signifient les barres coudées de *Lasanius*? Leur position, leur nombre de huit suggèrent une connexion avec les branchies. Sont-ce des arcs internes? Traquair, sans s'expliquer nettement, ne semble pas de cet avis, puisqu'il compare leur direction avec celles des écailles. On pourrait admettre que lors de l'atrophie des écailles, qui a rendu *Lasanius* nu, quelques-unes des pièces ont pu se conserver là où elles pouvaient être utiles à une autre fonction. Ce complexe ressemble étonnamment au système des arcs d'un Gnathostome et semble avoir pu agir de même. La partie coudée dorsale, courte, se mettait en contact avec son homologue de l'autre côté, affirme Traquair. Ceci est donc comparable à l'articulation supérieure des arcs branchiaux, sauf que celle-ci se fait avec le crâne; mais au point de vue fonctionnel, cela ne doit pas faire de différence. Le point inférieur fixé, c'est-à-dire l'articulation avec la copula, manque. Mais la branche descendante, fort longue, a pu être fixée dans le tissu dermique de façon à ne pas pouvoir se déplacer, tout en pouvant pivoter sur elle-même. Ce mouvement admis, les parties légèrement élargies au coude agissaient comme opercules d'ouvertures rondes comme chez *Birkenia*. Nous aurions donc une obturation des orifices extérieurs par un mécanisme tout à fait semblable à celui des Gnathostomes; les pièces seraient dermiques externes au lieu d'internes, mais cette différence n'est plus, pour l'anatomie comparée moderne, une difficulté pour établir des homologues.

La situation des ouvertures branchiales chez *Tremataspis* et *Birkenia*, tout juste derrière la tête, montre, comme chez *Cyathaspis*, la situation antérieure des branchies. Le contour de *Lasanius* est trop problématique en avant pour qu'on puisse rien dire. En tout cas, comparé à *Birkenia*, où les trous sont en série oblique, il y aurait eu ici un peu de déplacement en arrière.

Où faut-il maintenant placer ces deux genres? Ce qui est conservé de substance dure primitive chez *Birkenia* ne montre pas de corpuscules osseux, est entièrement anhiste, pas même de canalicules dentaires dans la couche supérieure, pourtant tuberculeuse. Si cela est primitif, le groupe viendrait encore en dessous des Coelolépidés; si c'est secondaire, il serait étrange que la zone d'ivoire eût disparu. Traquair en fait l'ordre des Anaspidés, qu'il énumère après les Ostéostracés.

Et disons avec lui, pour terminer, que quelles que soient les opinions au sujet de la phylogénie et de la classification, il ne peut y avoir doute sur un point : c'est que ces nouvelles découvertes ouvrent un vaste champ à la paléichthyologie. C'est la raison pour laquelle nous avons cru utile de les faire connaître à la Société belge de Géologie.

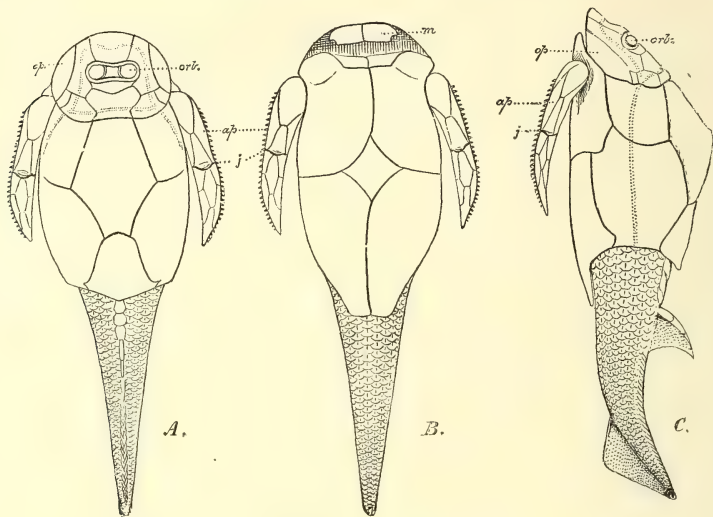


Fig. 17. — *P. Milleri*.

ENVIRON MOITIÉ DE GRANDEUR NATURELLE.

(Restauration de Traquair. *Traité de Smith Woodward*.)

A vu de dos, B du côté ventral, C du côté gauche. orb. orbites réunies en biseau; op. operculum; m. mâchoires supérieures (?) avec échancrure latérale pour les organes olfactifs; ap. appendices latéraux avec j articulation.

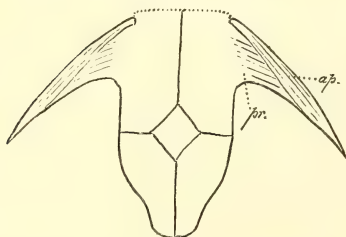
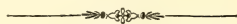


Fig. 18. — *Acanthaspis decipiens*.

PARTIE ANTÉRIEURE VUE DU CÔTÉ
VENTRAL.

Devonien inférieur du Spitzberg. L'appendice est ici manifestement une dépendance de la carapace non libre et mobile.

Les figures sont données pour montrer qu'il n'y a aucune ressemblance avec les membres pairs normaux des vertébrés.



COMPTE RENDU DES EXCURSIONS

DE LA

SESSION EXTRAORDINAIRE

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

DANS LE HAINAUT ET AUX ENVIRONS DE BRUXELLES

(du 23 au 27 août 1902)

PAR

A. RUTOT

Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles.

Chacun se rappellera que du 8 au 15 août 1901, une excursion mémorable, brillamment conduite par notre éminent confrère, M. le Prof^r J. Gosselet, et à laquelle plusieurs de nos confrères parisiens avaient pris part, nous avait permis d'étudier, entre Chauny, Laon et Reims, les facies régionaux des couches éocènes du bord Nord du bassin de Paris.

Lors de cette intéressante course, beaucoup d'entre nous avaient été frappés de la ressemblance complète existant entre certains facies de l'Éocène inférieur du Laonnais et ceux qui nous sont familiers en Belgique; aussi, à la fin de l'excursion, avait-on décidé de se retrouver, l'année suivante, dans notre pays, afin de saisir sur place ces ressemblances, pour en tirer des conclusions au sujet du synchronisme, aussi précis que possible, qu'il serait désirable d'établir entre les couches françaises et celles qui leur correspondent en Belgique.

C'est cette idée qui a été réalisée en partie par l'excursion organisée par notre Société en août 1902.

*
* * *

Nos propositions ayant reçu bon accueil, les excursionnistes se sont rassemblés, le samedi 23 août, à Mons, dans la soirée, à l'*Hôtel de l'Espérance*.

Après le repas pris en commun, le Bureau de la session a été constitué.

M. Gosselet a été nommé président; MM. Pellat et Dollfus, vice-présidents, et M. Leriche, secrétaire.

Assistaient à la réunion : MM. Pellat, G. Dollfus, E. Ramond, Leriche, J. Cornet, E. Van den Broeck, Paquet, J. Cooreman, Roland, Dr Gilbert et A. Rutot.

Le programme des excursions, qui avait été élaboré par les soins de la Société, a ensuite été mis en discussion.

A la demande de nos confrères français, ce programme a été réduit d'un jour et adopté comme suit :

Dimanche 24 août : course à Erquelinnes et à Leval-Trahegnies.

Lundi 25 août : course aux environs de Mons.

Mardi 26 août : course à Vaulx lez-Tournai, puis entre Blaton et Hautrage.

Mercredi 27 août : course aux environs de Bruxelles et clôture.

M. A. Rutot avait compté faire, à la même séance, un exposé de ce que devaient montrer les diverses courses adoptées, mais l'heure tardive n'a pas permis de réaliser ce point du programme.

PREMIÈRE JOURNÉE. — DIMANCHE 24 AOÛT.

Course à Erquelinnes et à Leval-Trahegnies.

I. — *Les sablières d'Erquelinnes.*

Le dimanche, à 7 h. 58 du matin, les excursionnistes quittaient Mons pour arriver à 9 h. 15 à Erquelinnes, où ils rencontraient MM. Gosselet et Ladrière.

Aussitôt, on s'est dirigé vers la frontière française, où une seule des grandes sablières existant autrefois dans cette région est encore en exploitation.

Vers 1880, cinq magnifiques sablières, que M. A. Rutot a étudiées

et décrites en 1881 (1), s'alignaient du Nord au Sud, entre le chemin de fer d'Erquelinnes à Binche et la frontière française.

De nos jours, les deux sablières existant sur le territoire belge sont abandonnées, tandis que les trois autres, se trouvant sur le territoire français, se sont déplacées et modifiées et se réduisent à une seule grande exploitation, qui est celle que nous avons visitée.

Les mêmes sablières avaient également reçu la visite de la Société géologique de Belgique lors de son excursion, en septembre 1882, aux environs de Mons. Le regretté Alph. Briart a rédigé le compte rendu de cette excursion, paru en 1884, et a très bien figuré la coupe visible dans l'une de ces exploitations.

D'après ce que nous avons pu juger au premier coup d'œil, la sablière s'est enfoncée plus avant dans la colline que précédemment, de sorte que la coupe est, actuellement, sensiblement plus haute qu'autrefois.

En 1880, la sablière présentant la coupe la plus complète montrait :

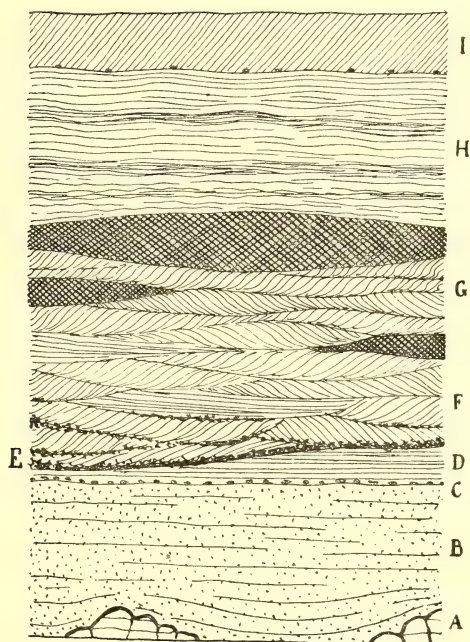


Fig. 1. — COUPE PRISE DANS UNE SABLIERE A ERQUELINNES EN 1880.

(1) A. RUTOT, *Sur la position stratigraphique des restes de mammifères terrestres recueillis dans les couches de l'Éocène de Belgique.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e série, t. I, n° 4, 1881.)

- A. Craie blanche (probablement craie de Saint-Vaast), avec lit mince superficiel d'argile brune d'altération.
- B. Sable jaune-brun, glauconifère, à *Ostrea bellovacensis* bivalves 4^m,50
- C. Petit lit graveleux, horizontal, avec cailloux roulés, dents de squales nombreuses, fragments de carapaces de tortues, etc. 0,02
- D. Couche d'abord sableuse, brune, se chargeant rapidement d'argile en montant et passant à un sable très argileux. Des tubes d'annélides sont visibles dans cette couche marine 4,00
- E. Lit de gravier plus ou moins abondant, formé soit de cailloux roulés de silex, soit de galets d'argile brune provenant du ravinement de la couche *D* précédente. Ce gravier renferme de nombreuses dents de squales roulées. . . 0,50
- F. Sables grossiers, jaunes, irrégulièrement stratifiés, avec lits graveleux vers le bas, avec débris de mammifères terrestres et de reptiles d'eau douce. . . 4,00
- G. Mêmes sables obliquement stratifiés, avec lentilles de marne gris pâle, renfermant des empreintes végétales 3,00
- H. Sable demi-fin, jaunâtre ou verdâtre, en stratification horizontale légèrement ondulée, avec linéoles argileuses vers le haut 4,00
- I. Limon quaternaire, altéré, probablement hesbayen, avec quelques cailloux épars à la base 2,00

La coupe de la sablière actuelle, que nous avons sous les yeux, est semblable, mais, vers le bas, elle présente une simplification en ce sens que le lit graveleux horizontal à dents de squales *C* et le sable argileux à tubulations d'annélides *D* qui le surmonte, ne sont plus visibles.

Il y a actuellement contact immédiat du gravier *E* sur le sable glauconifère *B*, à *Ostrea bellovacensis*.

Les sables grossiers stratifiés obliquement, *F*, avec un important gravier de cailloux roulés à la base, *E*, sont bien développés, mais, par suite de la hauteur plus grande de la paroi, il semble que les sables *H* sont plus largement représentés que précédemment et que, à sa partie supérieure, difficilement accessible, la sablière doit montrer plus de couches qu'on n'en voyait autrefois.

Malheureusement le temps pressait, car nous devons atteindre Grand-Reng à midi pour prendre le train en destination de Leval; aussi se borna-t-on à l'étude des couches inférieures, les plus facilement accessibles et certainement les plus intéressantes.

C'est M. A. Rutot qui s'est chargé d'expliquer la coupe.

Il a pu d'abord montrer, au fond d'un petit trou creusé en contre-bas du sol de la sablière, la craie blanche, pure, un peu argileuse, sans silex, représentant l'une des deux assises inférieures du Sénonien, soit la Craie de Trivières à *Belemnitella quadrata* (assise de Herve), soit la Craie de Saint-Vaast à *Actinocamax verus* (assise d'Aix-la-Chapelle).

La surface de la craie est très irrégulière, elle forme des pitons et des creux; la masse est très fissurée et enduite à sa partie extérieure d'une mince couche d'argile fine, très plastique, brune ou verdâtre, résidu de la dissolution de la craie par l'infiltration des eaux atmosphériques.

Directement sur la craie, sans apparence de cailloux roulés, repose le sable fin, glauconifère, jaune-brun, altéré, marqué *B* sur la coupe, épais de 3 à 4 mètres.

Au premier aspect, ce sable paraît sans fossiles, mais c'est là une apparence trompeuse, car il constitue une couche fossilifère des plus importantes.

Les ouvriers, en travaillant, y rencontrent souvent des *Ostrea bellovaensis* bivalves, très bien conservées avec le test, ainsi que des exemplaires de l'*Ostrea landinensis* G. Vincent.

Notre confrère, M. X. Stainier, qui a effectué récemment le levé de la planchette de Merbes-le-Château, comprenant les gisements d'Erquelinnes, m'a dit avoir rencontré localement dans la même couche des sortes de grès tendre très fossilifères.

Mais ces découvertes sont loin d'être les seules indications paléontologiques fournies par le sable *B*, que M. A. Rutot rattache au Landenien inférieur ou marin, comme correspondant au tuffeau de La Fère, observé l'an dernier.

C'est dans ce sable qu'ont été rencontrés, *in situ*, plusieurs magnifiques squelettes absolument complets du reptile le *Champsosaurus* (1), avec ossements en connexion anatomique, plus quantité de carapaces ou plutôt de squelettes complets d'une tortue marine dénommée par M. L. Dollo *Pachyrhynchus* (*Euclastes*) *Gosseleti*, et d'importants débris de deux tortues d'eau douce, rapportés par M. Dollo à *Trionyx vittatus* Dollo et *Chelone breviceps* Owen.

On s'étonnera peut-être de la présence de reptiles d'eau douce dans les dépôts marins du Landenien inférieur; ce fait s'explique aisément lorsqu'on sait que la région d'Erquelinnes est absolument littorale et qu'elle se trouve à proximité de l'embouchure d'un fleuve qui se jetait un peu à l'Est de l'emplacement où nous nous trouvons.

Les cadavres de ces reptiles étaient donc apportés dans la mer par le cours d'eau.

Enfin, le même sable *B* renferme encore une grande quantité de

(1) Ce reptile a reçu le nom de *Champsosaurus Lemoinei* Gervais. C'est aussi l'espèce rencontrée à Cernay lez-Reims par M. Lemoine. Des reptiles de la même famille ont été recueillis dans le Crétacé supérieur de l'Amérique du Nord par le Dr Cope.

dents de poissons, et notamment de squales, étudiées par M. Leriche et dont il a fourni la liste suivante :

<i>Acanthias minor</i> Daim.;	<i>Lamna Vincenti</i> Wink.;
<i>Squatina prima</i> Winkl.;	— <i>verticalis</i> Ag.;
<i>Myliobatis Dixoni</i> Ag.;	<i>Otodus obliquus</i> Ag.;
<i>Notidanus Looxi</i> G. Vine.;	<i>Oxyrhina nova</i> Wink.;
<i>Synechodus eocænus</i> Leriche;	<i>Ischyodus Dolloi</i> Leriche;
<i>Cestracion</i> sp.;	<i>Edaphodon Bucklandi</i> Ag.;
<i>Scyllium Vincenti</i> Daim.;	— <i>leptognathus</i> Ag.;
<i>Odontaspis macrotæ</i> Ag.;	<i>Elasmodus Hunteri</i> Eg.;
— <i>Rutoti</i> Wink.;	<i>Albula Oweni</i> Owen;
— <i>cuspidata</i> Ag.;	<i>Monocentris integer</i> Kok.;
— <i>crassidens</i> Ag.;	<i>Egertonia</i> sp.

Anciennement, on pouvait observer, au sommet du sable *B*, un lit peu important de cailloux *C*, surmonté de sable argileux *D*.

Ces couches, de faible épaisseur, ne sont plus visibles aujourd'hui et paraissent avoir été entièrement ravinées par le cailloutis *E* qui surmonte directement le sable *B*.

Il y a lieu, généralement, d'accorder une grande importance à la présence des lits de gravier, surtout dans les dépôts marins. Ici, le gravier *C* se montrait composé d'un mince lit de silex roulés, accompagnés d'une grande quantité de dents de squales des mêmes espèces que celles citées ci-dessus pour le sable *B*, mais d'apparence un peu roulée.

Avec ces dents se trouvaient mélangés des fragments de carapaces de tortues de l'espèce marine citée plus haut : *Pachyrhynchus* (*Euclastes*) *Gosseleti* Dollo.

Quant à la couche *D*, elle commençait par un lit sableux reposant sur le gravier *C*; ce sable se chargeait rapidement d'argile et devenait cohérent, et la preuve existe que cette couche devenait, en montant, de plus en plus argileuse, car on rencontrait, en certains points, le gravier *E*, supérieur, encombré de galets d'une argile sableuse semblable à celle du sommet de la couche *D*, mais plus plastique.

La couche *D*, qui ne présentait pas plus de 2 mètres d'épaisseur, a dû être, en réalité, plus épaisse.

M. A. Rutot rapporte l'ensemble des couches *B*, *C* et *D* au Landenien inférieur marin.

Que représente cet ensemble?

Bien qu'il sache le premier combien il faut accorder de valeur stratigraphique aux lits de gravier, le même géologue est d'avis qu'il n'est question, ici, que d'un accident local.

Le sable *B* n'a présenté à sa base aucun gravier, et le lit de sable qui surmonte immédiatement le lit graveleux *C* est en tout semblable au sable *B*.

L'argile qui apparaît au sommet du sable *D* est, pour M. Rutot, l'argile de fond.

Dans le cycle sédimentaire du Landenien inférieur, à Erquelinnes, *B* serait le sable d'immersion et *D* le commencement de l'argile de profondeur maximum, argile qui aurait été primitivement surmontée de sable d'émersion, comme partout ailleurs, sable d'émersion et argile de fond ayant été, dans la suite, entièrement ravinés par les dépôts fluviaux à gravier de base et à stratification entrecroisée supérieurs au sable argileux *D*.

Dès lors, le lit graveleux *C* constituerait une sorte de récurrence absolument locale du gravier de base du Landenien inférieur, récurrence qui se présente du reste à la base d'autres étages tertiaires de Belgique (1).

Ainsi que la coupe actuellement visible le montre, l'ensemble des strates surmontant les couches inférieures *B*, *C*, *D* contraste violemment, comme aspect, allure et composition, avec celles-ci. Autant le groupe inférieur est régulier et homogène, autant le groupe supérieur est irrégulier et hétérogène.

Ce dernier débute par un cailloutis *E* ondulé, à allure ravinante, tantôt à peine épais de quelques centimètres, tantôt épais de 1 mètre et subdivisé en lits ou en lentilles.

Lors de ses précédentes explorations, M. A. Rutot l'avait toujours trouvé très fossilifère ; aujourd'hui nous y cherchons en vain la trace de restes organiques.

La faune rencontrée dans le cailloutis *E* est très complexe et uniquement composée jusqu'ici de débris de vertébrés.

On y reconnaît aisément un mélange de formes crétacées et de formes du Landenien inférieur marin sous-jacent, évidemment roulées et remaniées. A ces formes, étrangères au dépôt, viennent s'ajouter des espèces qui lui sont propres et qui, toutes, sont d'eau douce ou

(1) Avant d'accepter cette manière de voir, M. Rutot a naturellement examiné l'hypothèse d'après laquelle le sable *B* représenterait le Heersien et les couches *C* et *D*, la base du Landenien inférieur. Après étude, il a écarté cette hypothèse comme entièrement improbable.

terrestres; c'est là que l'on rencontre notamment d'innombrables écailles du poisson ganoïde *Lepidosteus suessoniensis* Gervais, plus des fragments de mâchoires et des vertèbres du même animal.

C'est aussi dans la zone graveleuse qu'ont été recueillis d'importants restes de *Coryphodon* et probablement d'autres animaux du même genre

Quelques restes de Champsosaure et de tortues y ont également été rencontrés.

Au-dessus du cailloutis *E* se développent 4 à 5 mètres de sables blanchâtres, grossiers, *F*, à stratification oblique et entrecroisée.

Pour M. Rutot, ces sables sont d'origine fluviale; ils ont fourni un beau fragment de maxillaire du *Pachynolophus Maldani* Lemoine, découvert par M. Gravis et offert au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles, où se trouvent du reste réunies toutes les trouvailles paléontologiques d'Erquelinnes.

Les mêmes sables ont également fourni deux exemplaires du *Crocodylus depressifrons* Blv et un individu à peu près complet de *Trionyx Henrici* Owen.

Parmi les restes de poissons, notons *Lepidosteus suessoniensis*, *Amia Barroisi* Leriche et *Amia* sp.

Enfin, ces sables recèlent encore beaucoup de fragments de bois silicifié.

A quelques mètres au-dessus du cailloutis de base apparaissent, dans la masse des sables *F*, des lentilles marneuses *G*. Ces lentilles, d'abord assez minces, s'épaississent en montant; elles sont formées d'une marne blanche ou grise, très fine, renfermant en assez grande abondance des empreintes végétales, sur lesquelles l'attention n'a pas encore été assez attirée jusqu'ici et que M. Rutot compte désormais recueillir avec soin.

Les mêmes marnes ont également fourni un fragment de *Lepidosteus* montrant les écailles à peu près en position normale.

L'ensemble des couches *E*, *F*, *G* constitue l'assise supérieure de l'étage landenien.

Enfin, au-dessus des sables à stratification oblique avec lentilles de marne à végétaux se développe, de nos jours, une série sableuse d'au moins une dizaine de mètres de puissance et que nous n'avons pas eu le temps d'étudier.

M. Rutot rappelle que lors de ses explorations à Erquelinnes, cette série n'était guère visible que sur 4 mètres maximum et qu'elle est composée, dans cette partie inférieure, de sable demi-fin, jaunâtre ou

verdâtre, *H*, stratifié régulièrement, se chargeant d'argile à la partie supérieure et contrastant ainsi avec le groupe moyen *E*, *F*, *G*.

Dans son travail de 1881, M. Rutot a émis l'avis que ces sables à facies régulier et marin, *H*, pourraient représenter la base de l'Ypresien.

Bien que feu Briart ait combattu cette manière de voir et préféré rattacher cette masse supérieure au Landenien supérieur, M. Rutot a trouvé les raisons données insuffisantes pour renoncer à son opinion, et, en l'absence de nouvelles recherches de sa part, il continue à considérer les sables à facies marin comme base de l'Ypresien, la tendance qu'a le sable à passer, en montant, à l'argile le confirmant dans sa croyance.

Il doit être toutefois bien entendu qu'il n'est ici question que d'une « opinion », M. Rutot se réservant de continuer l'étude du problème spécial qui, certes, sera considérablement facilitée par l'augmentation sensible de la hauteur de la coupe, fournissant ainsi des éléments nouveaux d'appréciation.

Discussion.

Après cet exposé de l'interprétation de la coupe d'Erquelinnes par M. Rutot, *M. le Prof^r J. Gosselet* déclare ne pas être du même avis.

Pour l'honorable professeur, M. Rutot donne beaucoup trop d'importance stratigraphique à la présence du gravier *E*, au niveau duquel il place la séparation entre le Landenien inférieur et le Landenien supérieur.

M. Gosselet voit dans le gravier *E* un simple accident littoral et il ne croit pas que ce gravier soit d'origine fluviale, pas plus que l'ensemble des sables à stratification entrecroisée et des sables à lentilles marneuses qui le surmontent; le tout lui paraît d'origine marine ou estuarienne, le groupe supérieur présentant simplement un facies plus littoral que l'inférieur.

M. Rutot admet qu'il n'est pas possible de distinguer, à coup sûr, des couches marines littorales déposées sous des eaux mouvementées, de couches déposées par des courants d'eau douce. Toutes deux présentent l'allure irrégulière, en stratification oblique et entrecroisée.

L'orateur n'a, par exemple, jamais déterminé comme d'origine fluviale les couches de sable grossier formant la partie inférieure du Bruxelien à Bruxelles et surtout aux environs de Tirlemont et d'Hougaerde.

Mais dans un cas pareil, les fossiles permettent de trancher la question avec certitude.

Tandis que les sables grossiers à stratification entrecroisée de la base du Bruxellien ne renferment que des fossiles marins (squales et mollusques), les sables *F* d'Erquelinnes ne renferment que des fossiles continentaux ou d'eau douce, tels que *Coryphodon*, *Pachynolophus*, des reptiles d'eau douce, tels que les Crocodiles et les Trionyx, des poissons d'eau douce, tels que *Lepidosteus*, et des végétaux terrestres (bois silicifiés et empreintes végétales dans les marnes blanches).

On fera peut-être remarquer que le Bruxellien renferme également des bois fossiles et des fruits de *Nipadites*, mais on se rappellera que la majorité de ces débris végétaux flottés sont attaqués par les tarets, tandis que les végétaux du sable grossier d'Erquelinnes ne le sont jamais.

Du reste, ajoute M. Rutot, l'avis que je viens d'émettre ne résulte pas d'une simple impression : c'est la conclusion d'une longue étude complète, monographique, de tout le Landenien de Belgique, au cours de laquelle aucun fait n'a été laissé à l'écart.

La conclusion de ces études est qu'après le départ de la mer heersienne, dont l'extension s'est bornée à un assez faible envahissement dans la région Nord-Est de notre pays (1), un important mouvement d'affaissement du sol a permis à la mer thanetienne d'envahir la partie de notre pays située à l'Ouest du cours de la Meuse actuelle.

En s'avancant, cette mer a profondément raviné les dépôts crétacés émergés, en a dispersé les éléments et a constitué ses cordons littoraux successifs, c'est-à-dire son gravier de base, des matériaux durs dont elle disposait, c'est-à-dire en majorité des silex crétacés tirés soit de la roche en place, soit des amas d'argile à silex d'altération. Ces éléments ont été étalés sur une étendue sensiblement plus grande que celle qu'ils occupaient primitivement et se sont mélangés à des cailloux, généralement très roulés, de silex, de phthanite houiller et d'autres roches primaires.

Le gravier de base du Landenien est donc d'autant plus caillouteux qu'il repose sur des couches ayant pu fournir ces éléments caillouteux.

Pendant que nous sommes en face de la coupe d'Erquelinnes,

(1) La connaissance de l'aire couverte par les sédiments de l'étage heersien porte à admettre que cette mer est venue du Nord-Est, c'est-à-dire de l'Allemagne, et qu'elle s'est retirée dans la même direction, tandis que la mer landenienne est venue évidemment de l'Ouest et n'est qu'un prolongement de la mer du bassin thanetien franco-anglais. L'indépendance du Heersien et du Landenien est, de plus, démontrée par la Paléontologie. M. E. Vincent, qui termine en ce moment la revision des fossiles des deux étages, arrive, en effet, à ce résultat prévu, que les deux faunes sont très différentes et ont à peine quelques espèces communes.

M. Rutot demande à ajouter encore quelques mots au sujet de la comparaison à faire entre ce gisement et ceux que M. Gosselet nous a permis d'étudier à Cernay lez-Reims et à Berru.

A Cernay, le conglomérat fossilifère fouillé avec tant de bonheur par le Dr Lemoine s'est montré occupant une position spéciale pouvant avoir fait croire qu'il se trouve tout à fait à la base du Tertiaire.

Ce conglomérat repose, en effet, directement sur la craie blanche.

Mais il ne nous a pas fallu aller bien loin pour reconnaître qu'au gisement du Dr Lemoine il existe une lacune considérable, comprenant les sables de Rilly, les sables de Châlons-sur-Vesles et le grès-tuffeau à *Ostrea eversa*, correspondant exact du tuffeau de La Fère.

Tout cet ensemble de couches, visible à Châlons-sur-Vesles, repose à son tour sur la craie blanche.

Partout au-dessus du conglomérat de Cernay commence l'étage des lignites du Soissonnais, surtout représenté par le facies argile plastique.

Entre Erquelines et Reims, M. Rutot voit les ressemblances et les différences suivantes :

Faisant abstraction des couches tout à fait supérieures d'Erquelines, dont l'âge reste encore à fixer, l'orateur trouve, en gros, les coupes tout à fait semblables; il y voit, des deux côtés, la superposition du Landenien supérieur des géologues belges sur le Landenien inférieur, le groupe inférieur étant nettement séparé du supérieur par un important gravier fossilifère, qui est, à Cernay, le conglomérat du Dr Lemoine, à Erquelines, le cailloutis *E*.

De part et d'autre, le gravier de base du groupe supérieur a une allure ravinante, puisqu'à Cernay, le groupe inférieur a été totalement enlevé, tandis qu'à Berru et à Châlons-sur-Vesles, ce même groupe est admirablement représenté.

A Erquelines, c'est le cas intermédiaire qui se présente; le cailloutis *E* a raviné énergiquement le groupe inférieur, de manière à n'en plus laisser intacts que quelques mètres au-dessus de la base.

Pour M. Rutot, le cailloutis *E* et le conglomérat de Cernay occupent exactement la même position stratigraphique.

Au point de vue paléontologique, il existe quelques différences.

Il semble qu'aux environs de Reims, les sables de Châlons-sur-Vesles ne renferment pas de vertébrés fossiles.

Toute la faune recueillie par le Dr Lemoine, et notamment les Champsosaures, provient uniquement du conglomérat de Cernay.

Si l'on ne connaissait que ce seul gisement du Champsosaure, on

pourrait croire qu'il caractérise en Europe la base du Sparnacien, et ainsi il serait très éloigné de son gisement américain, qui est le Crétacé supérieur.

A Erquelinnes, la lacune disparaît et le Champsosaure se rencontre dans le gisement depuis la base du groupe marin inférieur jusque dans le cailloutis *E*; ce qui revient à dire que ce reptile vivait déjà en Europe dans les fleuves à l'époque du tuffeau de La Fère, et avant cette époque même, puisqu'une vertèbre de Champsosaure a été trouvée dans les sables du Heersien inférieur d'Orp-le-Grand.

Enfin, la tortue marine *Euclastes*, si abondante vers la base du Landenien inférieur d'Erquelinnes, paraît manquer aux environs de Reims.

Pour le reste, le conglomérat de Cernay présente toutes les formes continentales trouvées dans le Landenien supérieur d'Erquelinnes, ainsi que beaucoup d'autres que nous n'avons pas encore rencontrées dans cette dernière localité, mais dont nous avons retrouvé quelques-unes dans le gravier de base du Landenien supérieur à Orsmael (Hesbaye).

En somme, Erquelinnes confirme toutes les déductions qui ont été tirées, lors de l'excursion dans le Laonnais en 1901, de l'étude des environs de Reims.

II. — Les sablières de Grand-Reng.

L'heure s'avancant, nous avons dû quitter le gisement d'Erquelinnes pour nous diriger au Nord vers la gare de Grand-Reng.

Le long du trajet, nous avons rencontré une quantité de sablières, ouvertes autrefois, fermées de nos jours à cause de questions douanières.

En effet, avant 1890, il existait dans la région, tant en France qu'en Belgique, de grandes scieries de marbre, à l'usage desquelles le sable grossier du Landenien supérieur était utilisé.

La consommation de marbre étant naturellement moindre en Belgique qu'en France, presque tous les marbres sciés en Belgique étaient expédiés en France.

Les marbriers français s'étant plaints de la concurrence, des droits d'entrée élevés ont été établis, de telle sorte que toutes les scieries belges ont été anéanties d'un coup.

D'où fermeture de toutes les sablières.

Vers 11 heures, nous sommes arrivés à la gare de Grand-Reng, à

côté de laquelle s'ouvrent les deux seules sablières restées en exploitation du côté belge.

Depuis que M. Rutot a exploré la région, l'une de ces sablières a pris un développement énorme et elle présente actuellement des talus de plus de 20 mètres de hauteur.

Nous n'avons guère pu étudier que les parties abordables, le sommet n'ayant pu être atteint.

La sablière paraît être creusée en entier dans le Landenien supérieur. Nulle part la base du dépôt n'est visible et encore moins le substratum. On ne sait au juste si c'est le Landenien inférieur marin ou la craie.

Vers le bas, on voit, comme à Erquelines, des sables blanchâtres, grossiers, à stratification irrégulière et entrecroisée; plus haut apparaissent dans le sable de nombreuses lentilles de marne blanche, renfermant également de rares empreintes végétales : tiges, feuilles, etc.

A divers niveaux apparaissent des linéoles noires, ligniteuses.

Malgré la surveillance exercée, aucun reste de mollusque ni de ver-tébré n'a été trouvé dans cette immense sablière, ni dans sa voisine.

Discussion. — Coup d'œil général sur le Landenien de Belgique.

En présence de cette magnifique coupe, M. Rutot a demandé de pouvoir s'expliquer sur la question du Landenien inférieur et du Landenien supérieur.

M. Rutot rappelle qu'il a effectué l'étude monographique complète du Landenien de Belgique, et de l'ensemble de ses observations il résulte que si, au point de vue du facies et au point de vue pratique du levé géologique et de l'industrie, il y a avantage à diviser l'étage landenien en deux assises, l'une inférieure marine, l'autre supérieure fluviale, comme l'ont fait Dumont et beaucoup de géologues belges, il n'en est pas de même au point de vue strictement scientifique.

Tous les sédiments landeniens ont été déposés pendant une oscillation du sol, c'est-à-dire pendant un affaissement suivi d'un soulèvement, de sorte qu'au point de vue théorique aucune subdivision n'est à faire.

On sait, en effet, que notre base de subdivision en unités stratigraphiques ou *étages* est l'oscillation du sol, ayant donné naissance à l'ensemble caractéristique des sédiments qu'avec M. E. Van den Broeck nous avons appelé *cycle sédimentaire*.

Or, en réalité, toute la partie orientale du bassin landenien de Bel-

gique, c'est-à-dire celle qui a été soumise plus spécialement à l'oscillation marine, offre sur la majeure partie de son étendue un cycle sédimentaire marin unique, constitué comme suit, dans sa position normale :

4. *L1d*. Sable d'émersion.
3. *L1c*. Argile sableuse plus ou moins durcie et concrétionnée, de fond.
2. *L1b*. Sable très glauconifère, d'immersion.
1. *L1a*. Gravier de base et, localement, argile plastique poldérienne.

Telle est la composition normale de l'étage landenien dans le bassin marin, entre le sommet du Heersien — qui, appartenant à un tout autre bassin et à une tout autre oscillation, constitue bien à nos yeux un étage autonome et non une dépendance du Landenien (1) — et la base de l'Ypresien.

Que s'est-il passé pendant la grande oscillation landenienne?

Par suite de l'affaissement du sol, la mer a envahi notre territoire, probablement par la frontière du Hainaut, venant du bassin franco-anglais.

Le long des littoraux successifs, les eaux ont remanié les éléments caillouteux qu'elles ont rencontrés à la surface, les ont dispersés et en partie roulés, de manière à former le gravier de base *L1a*.

Au large du littoral se sont déposés les sables d'immersion *L1b*, puis, lors de l'envahissement marin maximum, les dépôts argileux *L1c* ont été abandonnés sur les points les plus profonds, là où l'eau était le plus tranquille.

L1a, *L1b* et *L1c* se sont donc déposés partout dans le bassin landenien.

Pendant que se déposait *L1c*, la deuxième partie de l'oscillation, c'est-à-dire le soulèvement, a commencé à se produire, et c'est à partir de ce moment que se montrent, peu à peu, les changements de facies.

Dans toutes les régions à rivages simples, le seul dépôt qui se soit produit est le sable d'émersion *L1d*, mais l'émersion était évidemment accompagnée de la retraite de la mer vers une région située probablement à l'Ouest. Or, en deux points de notre territoire, vers Erquelines, d'une part, vers Landen, de l'autre, il existe toutes les évidences possibles de l'existence de deux fleuves ou de deux bras d'un même fleuve important venant des Ardennes et se jetant le long des rivages Sud-Est de la mer landenienne.

(1) Il doit être bien entendu qu'au point de vue du synchronisme général, M. Rutot admet très bien que l'ensemble de l'étage heersien et de l'étage landenien puisse être assimilé à ce que l'on est convenu d'appeler, en France, *étage thanetien*; mais cela n'est nullement démontré.

Puisque, pendant l'émersion, les rivages reculaient vers le Nord-Ouest, les fleuves suivirent nécessairement la mer en retraite, et selon le point où l'on se place, ils vinrent jeter une perturbation plus ou moins profonde au milieu du dépôt sableux marin normal d'émersion *L1d*.

Selon que l'on se place tout à fait sur le bord du courant fluvial ou au milieu de ce courant, on constate aisément le plus ou moins de trouble apporté dans la sédimentation par les effets mécaniques du courant fluvial. (Voir les figures 2, 3 et 4.)

Ces effets se remarquent surtout facilement en Hesbaye, parce que le bras du fleuve landenien qui s'y jetait dans la mer est sensiblement moins large et moins puissant que celui qui se jetait vers Erquelinnes, et aussi parce qu'il se trouve en entier sur le territoire belge, ce qui nous a permis de l'étudier d'une manière complète, grâce au levé détaillé de la Carte géologique (1).

Si nous nous plaçons sur le bord du courant fluvial, vers Perwez d'une part (rive gauche), vers Saint-Trond ou Léau d'autre part (rive droite), nous constatons un passage insensible vertical et latéral entre le sable purement marin *L1d* et ce que l'on est convenu d'appeler le « Landenien supérieur ». (Voir fig. 2.)

On voit le sable marin d'émersion *L1d* perdre peu à peu sa glauconie, de gris-vert passer au blanc et devenir un peu plus grossier. En même temps, la stratification devient mieux marquée et elle a une tendance à devenir ondulée au lieu d'être régulière et horizontale.

Au fur et à mesure qu'on se rapproche de Landen, centre du courant fluvial, on constate la disparition progressive et continue du facies marin d'émersion et son remplacement équivalent par du sable blanc à allure de plus en plus irrégulière et tourmentée; en outre, des taches ligniteuses, des lits noirs ligniteux, des alternances d'argile ou de marne se montrent vers le sommet des sables non glauconifères.

Bientôt, en se rapprochant de Landen, la séparation nette qu'il était impossible de préciser entre *L1d* et le facies noté *L2*, c'est-à-dire entre le Landenien inférieur et le Landenien supérieur, se précise; en effet, des lits graveleux apparaissent à la base des sables *L2* et, vers Orp-le-Grand et Landen, un lit continu de cailloux, comme à Erquelinnes, indique une séparation nette et précise entre les deux termes du Landenien.

(1) Voir, pour justification partielle parue, les *Explications des feuilles* : **Landen, Saint-Trond et Heers**, du Service de la Carte géologique du royaume, levée et publiée à l'échelle du 20 000^e, sous la direction de M. É. Dupont. Texte relatif à l'Éocène par M. A. Rutot.

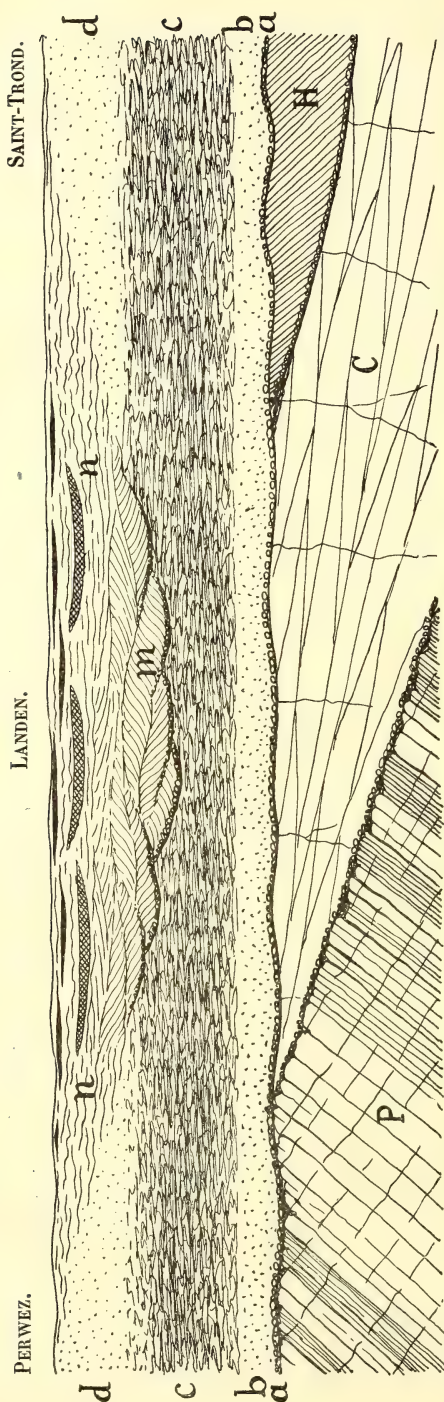


Fig. 2. — COUPE-DIAGRAMME ENTRE PERVEZ, LANDEN ET SAINT-TROND MONTRANT LES RELATIONS EXISTANT ENTRE LE LANDENIEN INFÉRIEUR MARIN ET LE SOI-DISANT LANDENIEN SUPÉRIEUR.

P. Terrains primaires.

C. Terrain crétacé.

H. Étage heersien.

a. Gravier base du Landenien inférieur (L1a).

b. Sable glauconifère d'immersion (L1b).

c. Sable argileux plus ou moins durci (L1c).

d. Sable fin de l'émersion marine (L1d).

m. Gravier de base du Landenien supérieur (L2), localisé vers le

milieu du courant fluvial, surmonté de sables blancs, grossiers, à stratification oblique et entrecroisée, comme à Erquelines.

n. Sable blanc plus régulièrement stratifié, caractérisant un courant moins rapide que celui indiqué par le sable grossier précédent et renfermant des lentilles de marne blanche qui, en se décalcarisant, se transforment en lentilles d'argile grise, pure et plastique (4).

(4) L'effet de cette décalcarisation s'observe très bien dans les lentilles épaisses. On y voit nettement l'argile grise d'altération sur tout le pourtour de la lentille, tandis que le centre est resté marne blanche normale.

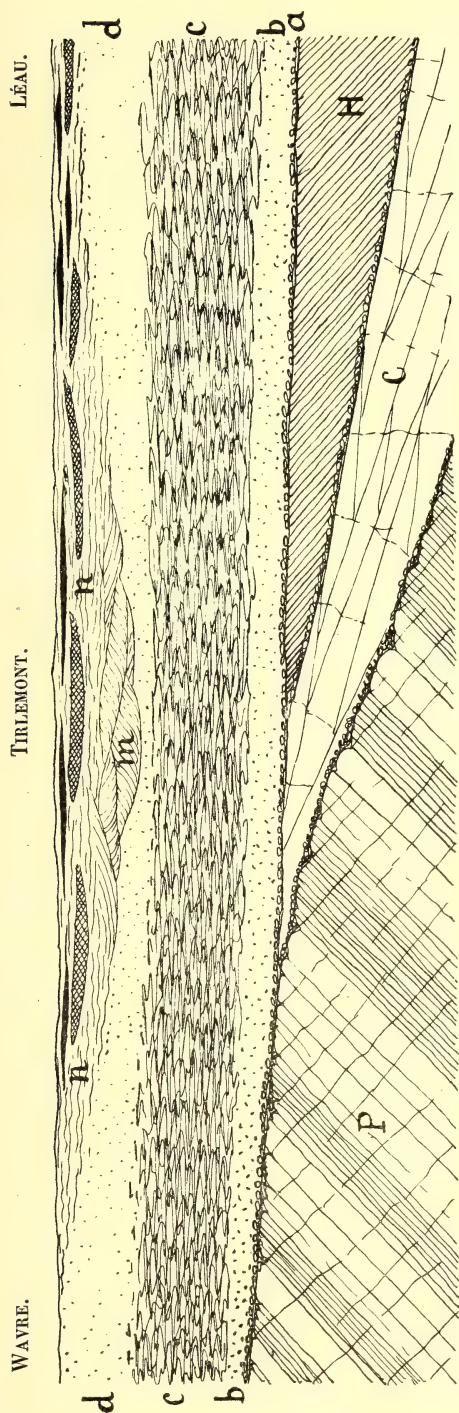


Fig. 3. — COUPE-DIAGRAMME ENTRE WAVRE, TIRLEMONT ET LÉAU, MONTRANT LES RELATIONS EXISTANT ENTRE LE LANDENIEN INFÉRIEUR ET LE LANDENIEN SUPÉRIEUR FLUVIO-MARIN.

P. Terrain primaire.

C. Terrain crétacé.

H. Étage heersien.

a. Gravier de base du Landenien marin (*La*).

b. Sable d'immersion (*Lb*).

c. Sable argileux plus ou moins durci (*Lc*).

d. Sable glauconifère d'émerison (*Ld*).

m. Sables blancs plus ou moins grossiers, rarement graveleux, à stratification entrecroisée vers le bas, ondulée vers le haut (*L2*).

n. Sable blanc avec lentilles de marne blanche et lits de lignite, bancs de grès blanc mamelonné à végétaux et bois silicifiés, au sommet (*L2*).

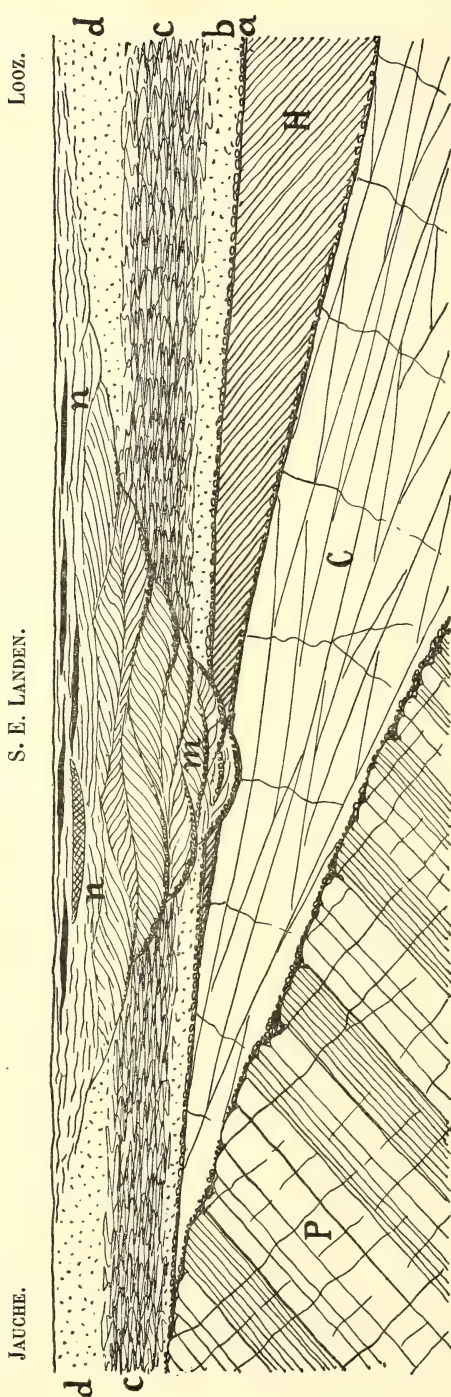


Fig. 4. — COUPE-DIAGRAMME ENTRE JAUCHE, S.-E. LANDEN ET LOOZ, MONTRANT NETTEMENT LA VALLÉE DU FLEUVE LANDENIEN SUPÉRIEUR CREUSÉE AU TRAVERS DES DÉPÔTS DU LANDENIEN INFÉRIEUR ET ÉTABLISSANT SON FOND SUR LE TERRAIN CRÉTACÉ.

P. Terrain primaire.

C. Terrain crétacé.

H. Étage heersien.

a. Gravier de base du Landenien inférieur (L1a).

b. Sable d'immersion marine (L1b).

c. Sable argileux plus ou moins durci (L1c).

d. Sable d'émerison marine (L1d).

m. Gravier épais, dédoublé, avec sables grossiers et graveleux, base du Landenien supérieur (L2), surmonté de sables grossiers obliquement stratifiés.

n. Sable à allure ondulée avec lits d'argile et de lignite.

Toutefois, dans ce dernier cas, le sable d'émergence *L1d* n'est plus visible et l'on reconnaît que l'ensemble de ce qu'on appelle Landenien supérieur repose directement sur le dépôt marin de fond *L1c*, que l'on reconnaît être énergiquement raviné, à tel point, parfois, que le gravier de base de *L2* est rempli de fragments roulés des grès argileux glauconifères *L1c*.

Une coupe Perwez-Landen-Saint-Trond, dirigée Sud-Ouest-Nord-Est au travers du courant fluvial landenien à son embouchure, donne donc l'allure reproduite à la figure 2.

Au sommet, on trouve des sables blancs, des bancs de grès blanc mamelonnés à végétaux, des lits de lignite plus ou moins purs, plus des bois silicifiés, etc.

Les termes *m* et *n* donnent bien l'échelle stratigraphique complète de ce que l'on appelle communément « Landenien supérieur » (*L2*).

La coupe Perwez-Landen-Saint-Trond a été choisie parce qu'elle correspond à la position moyenne du débouché du fleuve landenien dans la mer, là où le courant avait encore la force d'amener des cailloux dans le thalweg.

Si l'on se reporte plus au Nord-Ouest, c'est-à-dire si l'on étudie la coupe Wavre-Tirlemont-Léau, parallèle à la première, mais passé l'embouchure, c'est-à-dire vers le large, tous les caractères accentués que nous venons d'indiquer s'atténuent et le diagramme prend l'aspect que l'on peut remarquer à la figure 3. (Voir p. 599.)

Ici, les sables *L2* ne ravinent plus sensiblement le terme *L1c*, ils se développent simplement au détriment du sable d'émergence *L1d*, et la limite entre *L1* et *L2* devient imprécise et très difficile à tracer.

Si, au contraire, nous traçons une coupe au Sud-Est de celle de Perwez-Landen-Saint-Trond, partant par exemple de Folx-les-Caves ou de Jauche et passant au Sud-Est de Landen, l'allure générale se modifie encore sensiblement, ainsi que l'indique la figure 4. (Voir p. 400.)

Nous nous trouvons alors en travers du plein courant fluvial, là où se voient le mieux les effets de l'érosion.

Au Sud-Est d'Orsmael, à 5 kilomètres au Nord de Landen, j'ai recueilli, dans le gravier de base du Landenien supérieur, ravinant énergiquement *L1c*, la faune de vertébrés suivante, déterminée par M. L. Dollo :

MAMMIFÈRES.

Plesiadapis sp. Lemoine.

Protoadapis sp. Lemoine.

Dectiadapis sp. Lemoine.

Hyracotherhyus sp. Lemoine.

Pachynolophus Maldani Lemoine.

Protoproviverra (?) sp. Lemoine.

Forme inédite sp.

REPTILES.

Crocodyliens.	|	Platemys (Chélonien).
Varan.	|	Ophidien?

POISSONS.

*Lepidosteus.***Éléments remaniés du Landenien inférieur.**

<i>Odontospis macrota</i>	Ag.
—	<i>Rutoti</i> Wink.
—	<i>cuspidata</i> Ag.

C'est bien là la faune du conglomérat de Cernay.

Tout cet ensemble de faits que nous avons si bien et si longuement étudiés à l'embouchure du fleuve landenien de Hesbaye, nous le retrouvons à la frontière Sud du Hainaut, mais sur une plus large échelle.

Vers Erquelinnes, nous sommes dans une position en tout semblable à celle comprise entre Perwez et Landen, c'est-à-dire que nous nous trouvons à l'intérieur du delta, vers la rive gauche.

Ici, comme aux environs de Landen, nous voyons les sédiments du fleuve landenien, avec important cailloutis à la base, ravinant énergiquement le Landenien inférieur, avec faune contemporaine d'Orsmael et de Cernay.

A Grand-Reng, où nous sommes au Nord d'Erquelinnes, nous avons tout lieu de croire que le Landenien supérieur, au moins aussi épais que l'ensemble du Sparnacien, en France, peut l'être en maints endroits, a entièrement raviné le Landenien inférieur marin et repose directement sur la craie.

Plus vers le Nord-Est, vers Binche, le fait devient évident; le Landenien supérieur, à base très caillouteuse, après avoir entièrement raviné l'Éocène inférieur, repose directement sur le Crétacé et parfois même sur le Primaire.

Pour ce qui concerne le delta landenien du Hainaut, la ville de Binche est située à peu près dans la même position médiane que Landen en Hesbaye et, en effet, lorsque l'on continue vers le Nord et le Nord-Est, on voit le Crétacé réapparaître sous le Landenien supérieur, puis successivement tous les termes du Landenien inférieur marin, à mesure que le faciès fluvial s'atténue, puis disparaît.

Le delta d'Erquelinnes était non seulement environ trois fois plus large que celui de Landen, mais le débit des eaux douces était dès lors en proportion.

Aussi, alors que s'éloigner de 1 ou 2 kilomètres soit vers le Nord-Ouest, soit vers le Sud-Est de la ligne Perwez-Landen-Saint-Trond suffit pour nous montrer des allures fort différentes dans la coupe du delta de la Hesbaye, ici l'effet moyen d'érosion que l'on constate sur la ligne Erquelines-Binche-Haine-Saint-Pierre se reproduit jusque passé 6 kilomètres à l'Ouest de Binche, car, dans la tranchée du chemin de fer située à l'Est de la halte de Villereille-le-Sec, et dans de petites sablières voisines, on peut encore constater l'existence du ravinement de la craie blanche par les sédiments fluviaux, alors qu'au Sud, vers Aulnoye, et au Nord, à Villers-Saint-Ghislain, les dépôts marins du Landenien inférieur, analogues à ceux de la coupe Wavre-Tirlemont-Léau, apparaissent, tandis que si l'on recule vers le Sud-Est de Binche, ce sont les facies continentaux comme ceux de la coupe Jauche-Looz qui se montrent.

On sait en effet, par le levé de la Carte géologique, que l'Entre-Sambre-et-Meuse ne renferme guère que des sédiments fluviaux du Landenien supérieur, reposant directement sur le Primaire.

Par cet ensemble considérable de faits, M. Rutot estime qu'il a démontré non seulement l'existence de l'embouchure de deux fleuves ou de deux bras distincts d'un même fleuve le long du rivage Sud-Est de la mer landenienne, mais encore que ces fleuves, qui ont suivi la mer en retraite *pendant l'émersion marine*, sont venus troubler le dépôt marin normal d'émersion, le sable *L1d*, soit en se mélangeant, soit même en se substituant à lui, et dès lors il est tout naturel que les deltas ayant avancé vers l'Ouest à mesure que la mer landenienne se retirait, le courant fluvial proprement dit ait creusé son chenal profond d'abord au travers des facies marins jusqu'à venir reposer directement soit sur le Crétacé, soit sur le Primaire.

Et voilà comme quoi M. Rutot ne reconnaît pas, au point de vue scientifique strict, l'existence d'un terme landenien supérieur, celui-ci étant absolument contemporain du sable marin d'émersion *L1d*, dont il ne constitue que le facies d'eau douce.

Mais là ne sont pas les seuls dépôts landeniens existant en Belgique.

En effet, la mer du Landenien inférieur ne s'étendait pas indéfiniment vers le Nord-Ouest, car, dans la région Nord-Ouest de notre pays, nous constatons que le Landenien marin bien caractérisé ne s'avance guère au delà de la Lys, et que de ce côté la mer était bordée par une côte basse, lagunaire, où des alternatives d'influences marines et d'eau douce ont causé l'établissement d'un régime saumâtre très nettement

caractérisé, paraissant se rattacher directement au Sparnacien français et au *Woolwich and Reading beds* du bassin de Londres.

Ce facies particulier du Landenien n'est nulle part accessible à l'observation directe, mais un bon nombre de sondages profonds de la Flandre l'ont traversé, et l'on possède à son sujet des renseignements satisfaisants.

Un examen des très nombreux grands sondages effectués dans les deux Flandres montre que le Landenien normal, constitué par ses quatre termes : gravier de base *L1a*, sable d'immersion *L1b*, sable argileux de fond *L1c* et sable d'émerision *L1d*, existe partout dans la région de Renaix et de Flobecq, de Ninove, d'Alost, de Grammont, d'Audenarde, de Wetteren, de Dottignies, d'Estaimbourg, de Mouscron, de Menin et de Courtrai.

Selon les points observés, les divers termes sont plus ou moins bien représentés, parce que, par exemple, dans la région de Grammont, Ninove et Audenarde, il existe un haut fond de roches primaires, ce qui a empêché le sédiment argileux *L1c*, caractérisant la profondeur, de se déposer.

Mais le facies général est bien marin.

Le facies sparnacien du Landenien a été rencontré plus ou moins nettement dans les puits artésiens de Bailleul, Roulers, Lichtervelde, Beernem, Ostende, Blankenberghe, Mariakerke lez-Gand et Gand, et encore, dans un certain nombre de cas, à Gand, à Ostende et Bailleul, par exemple, la partie inférieure des dépôts paraît marine après avoir été poldérienne à la base.

Il semble donc que pendant l'immersion landenienne (*L1a*, *L1b*), la région basse du Nord-Ouest de la Flandre, c'est-à-dire celle comprise au Nord d'une ligne passant au Sud de Bailleul, entre Ypres et Werwicq, entre Iseghem et Courtrai, à Deynze, au Sud et à l'Est de Gand, a été soumise à un régime poldérien (dépôt d'argile plastique).

Pendant la période d'immersion marine, alors que vers le centre de la Belgique le dépôt de fond *L1c* s'étalait, le sol de la région basse du Nord-Ouest s'était légèrement affaissé ; ce qui avait permis à la mer de déposer, sur les argiles poldériennes, une couche de sable vert, glauconifère.

Ce n'est que lors de l'émerision, pendant le dépôt du sable d'émerision *L1d* et de son facies fluvial et d'estuaire *L2*, que le facies sparnacien s'est développé dans la Flandre.

Le soulèvement qui mit fin au Landenien s'étant produit à la fois sur tout notre territoire, la région basse se releva assez pour permettre,

grâce à des apports d'eau douce venant de l'Ouest-Nord-Ouest, l'établissement du régime d'eau saumâtre si bien caractérisé paléontologiquement et lithologiquement.

Voici la liste des espèces recueillies à Ostende, à Beernem et à Gand, dans le facies sparnacien du Landenien :

POISSON.

Odontaspis macrota Ag.

GASTROPODES.

Tritonidea lata Sow.

Turritella sp.

Potamides funatus Mant.

Melanopsis buccinoidea Fer.

Faunus curvicostatus Desh.

Melania inquinata Def.

Stenotyra miliola Mell.

LAMELLIBRANCHES.

Unio gandavensis Leriche.

— aff. *Wateleti* Desh.

— sp.

Cyrena cuneiformis Fer.

— sp.

Cyrena cardioides Desh.

Ostrea sparnacensis Def.

— *bellovacensis* Lmk.

— *suessoniensis* Desh.

Corbula Arnouldi Nyst.

SPONGIAIRE.

Cliona erodens Dollfus.

De tout ce qui vient d'être dit, je conclus que le Landenien de Belgique est constitué stratigraphiquement comme suit :

Étage landenien de Belgique.

PHASES de l'oscillation du sol.	RÉGION N.-O. (Flandre).	RÉGION MÉDIANE (Hainaut-Brabant).	RÉGION S.-E. (Hesbaye-Entre- Sambre-et-Meuse).
Phase d'émersion.	Facies saumâtre ou sparnacien, à faune saumâtre.	Sable marin d'émersion (<i>L1d</i>) à faune marine.	Facies sparnacien fluvial et fluvio-marin de delta, dit « Landenien supé- rieur » (<i>L2</i>), à faune d'eau douce.
Phase d'affaissement maximum.	Sable marin.	Sable argileux et argile sableuse, glauconifères, fossilifères. Tuffeau de Chercq. Tuffeau de Lincent (<i>L1c</i>), à faune marine.	
Phase d'immersion.	Argile grise poldérienne.	Sable très glauconifère d'immersion. Tuffeau d'Angres (<i>L1b</i>). Gravier de base (silex verdus et cailloux roulés de roches diverses) (<i>L1a</i>). Faune marine.	

Ce tableau résume et précise les conclusions de M. Rutot à la suite de son étude monographique du Landenien de Belgique.

Opinion de M. G. Dollfus.

M. G. Dollfus, se rapportant à ce que nous avons vu dans le Nord de la France, insiste pour rappeler la netteté des superpositions dans l'Éocène inférieur.

On y voit, à la base, une série marine commençant par un cailloutis de silex verdis, surmonté d'un sable argileux plus ou moins durci, souvent très glauconifère, dont l'un des faciès est le tuffeau de La Fère et l'autre les sables de Bracheux, recouverts à leur tour par une très puissante masse de sable régulièrement stratifié, à faune marine, dont le faciès le mieux caractérisé a reçu le nom de *sables de Châlons-sur-Vesles*. Au sommet, cette masse peut perdre sa glauconie et se durcir en grès blancs (*grès de Laniscourt*).

Au-dessus de la série marine, qui a reçu le nom de *Thanetien*, se développe une série à éléments lithologiques hétérogènes, mais dont la faune est saumâtre.

Cette série moyenne commence souvent par un gravier de base (conglomérat de Cernay, poudingue de Versigny et de Monceau-les-Leups), au-dessus duquel apparaissent de l'argile plastique plus ou moins épaisse, puis des alternances de sables très fossilifères ou *faluns* et d'argile parfois très ligniteuse.

Vers le haut apparaissent des sables blancs, purs, avec banc subcontinu de grosses concrétions gréseuses, à surface mamelonnée et à végétaux, dit « grès de Chaillevois », utilisé comme pierre à pavés. Le sable qui entoure le banc de grès renferme de nombreux fragments de bois silicifié.

Enfin, la série moyenne, ou des lignites, se termine vers le haut par l'ensemble des sables graveleux de Sinceny, à faune saumâtre, à peu près identique à celle des lignites sous-jacents.

C'est à l'ensemble de la série moyenne, d'eau saumâtre, que l'on a donné le nom de *Sparnacien*.

Immédiatement au-dessus des couches caillouteuses de Sinceny commence la série supérieure marine, comprenant les sables de Cuise et les horizons supérieurs, tels que l'argile verte glauconifère du Laonnais, rapportée par M. Gosselet — à juste titre et de l'avis général — au Panisélien des géologues belges.

Cet ensemble marin supérieur a reçu, en France, le nom d'*Ypresien*.

D'après M. G. Dollfus, des divisions semblables se rencontrent dans le bassin de Londres.

A la base se montre la série marine des sables de Thanet, d'où le nom de *Thanetien*, donné au groupe marin inférieur.

Au-dessus se montre la série saumâtre, avec lignites, dite *Woolwich and Reading beds*, surmontée de la couche caillouteuse d'Oldhaven, qui se raccorde si bien aux sables de Sinceny. Cet ensemble représente absolument le Sparnacien.

Enfin, au-dessus se développe le *London clay*, qui se synchronise à l'*Ypresien* des géologues français.

Dans ce qu'il constate aux environs d'Erquelinnes, M. G. Dollfus reconnaît l'existence des trois mêmes groupes dans le Landenien inférieur marin des géologues belges, ou *Thanetien*, dans le Landenien supérieur, ou *Sparnacien*, dans les argiles d'Ypres, ou *Ypresien*.

Eu égard à ces analogies, que tout le monde doit reconnaître, il propose aux géologues belges d'abandonner les noms de Landenien inférieur et de Landenien supérieur, pour adopter les noms proposés par les géologues français, c'est-à-dire *Thanetien* et *Sparnacien*, ce dernier ayant plus d'affinité avec l'*Ypresien* qu'avec le *Thanetien*.

Malgré toutes les raisons données par M. G. Dollfus pour soutenir sa thèse, M. A. Rutot se voit dans l'impossibilité de l'accepter pour ce qui le concerne personnellement.

Et d'abord, on peut remarquer que le programme de l'excursion a été élaboré de manière à visiter trois grandes coupes en marchant de l'Est vers l'Ouest.

Or, ce que M. Dollfus voit si bien et si clairement aux environs d'Erquelinnes et verra cet après-midi dans les environs de Leval-Trahegnies, il n'aura plus l'occasion de le revoir dans la suite.

Cette subdivision nette en trois groupes est donc un *fait local* qui ne peut se constater que lorsque l'on se trouve dans les deltas des ou du fleuve landenien, soit aux environs d'Erquelinnes, soit aux environs de Landen; ou bien aussi vers le Nord-Ouest du pays, où apparaît le faciès sparnacien saumâtre.

Partout, dans le bassin landenien, où les choses se sont passées normalement, où le cycle sédimentaire complet a pu se déposer sans perturbations causées par des apports fluviaux, les masses se réduisent à deux, toutes deux marines : le *Thanetien* et l'*Ypresien*, avec disparition complète du *Sparnacien*, et sans qu'on puisse démontrer qu'il existe une lacune sensible entre les deux masses.

Malgré son importance apparente en France et dans le bassin de Paris, le Sparnacien n'est, comme en Belgique, qu'une manifestation secondaire, d'ordre inférieur, qui doit se rattacher à une période d'importance primaire et par conséquent marine : thanetienne ou ypresienne.

Or, pour ce qui concerne la Belgique, M. Rutot estime avoir démontré que ce que l'on appelle le « Landenien supérieur » est une manifestation LANDENIENNE, c'est-à-dire *thanetienne* d'ordre secondaire.

Toute la question réside donc actuellement dans ceci :

Le Landenien supérieur de Belgique est-il bien réellement l'exact équivalent du Sparnacien français?

Pour répondre à cette question, il y a lieu de peser les différences et les ressemblances.

Pour autant qu'il a pu en juger d'après la course rapide effectuée dans le Nord du bassin de Paris, il semble à M. Rutot que le Sparnacien paraît *surmonter toujours* les sables de Châlons-sur-Vesles ou leurs représentants, au lieu de s'y mêler ou de s'y substituer peu à peu latéralement.

C'est là une différence avec ce qui se passe en Belgique, où M. Rutot *démontre* que le Landenien supérieur n'est qu'un facies local du sable d'émersion marin *L1d*, qui est bien l'exact représentant des sables de Châlons-sur-Vesles.

En Belgique, en deux points du bassin landenien marin, le facies fluvial ou fluvio-marin du Landenien supérieur vient remplacer en tout ou en partie le dépôt normal de l'émersion marine, ou s'y substituer dès que le facies fluvial pur est clairement développé.

D'autre part, le Sparnacien français est criblé de mollusques d'eau saumâtre, tandis que le Landenien supérieur de la région Est de la Belgique n'en renferme pas.

A ces deux faits, on pourra peut-être en ajouter un troisième, si l'on ne se rapporte qu'à ce que l'on verra dans le cours de cette *très courte* excursion : c'est que le Landenien supérieur de Belgique n'a pas exactement la même constitution lithologique que le Sparnacien français.

Dans la discussion de ces trois points relatifs aux différences, nous parlerons aussi des ressemblances.

Pour ce qui concerne le premier point : superposition constante, en France, du Sparnacien au Thanetien *complet* (c'est-à-dire muni de son sable d'émersion), nous serions assez tentés de croire que c'est parce que nous n'avons pu tout voir qu'il peut paraître en être ainsi.

Cependant, si nous analysons ce qui a été vu, nous remarquons que les coupes observées peuvent se diviser en deux groupes : 1° un groupe

de couches où la superposition du Sparnacien sur le Thanetien s'opère nettement par l'intermédiaire d'un gravier; 2° un groupe où la superposition a lieu par passage insensible.

Pour ce qui concerne le premier groupe, les coupes de Monceau-les-Leups, de Versigny (route de la Queue) et des environs de Reims (Cernay, Berru, etc.) en montrent des représentants magnifiques.

Pour ce qui concerne le deuxième groupe, les coupes de la Montagne de Laon sont non moins significatives.

Or, il semble à M. Rutot que le premier groupe de coupes concorde absolument avec celles des environs d'Erquelinnes et de Landen, où le Landenien supérieur ravine plus ou moins énergiquement le Landenien inférieur. Des deux côtés, le Landenien inférieur ou Thanetien peut même être *complètement* raviné, comme à Bray et au Sud de Landen d'une part, comme à Cernay lez-Reims de l'autre.

D'autre part, en Belgique, surtout dans le delta de la Hesbaye, il existe des coupes où le Landenien inférieur (sable d'émergence *L1d*) passe au Landenien supérieur par une transition aussi insensible que celle du représentant des sables de Châlons-sur-Vesles passant au Sparnacien à la Montagne de Laon.

De l'avis de M. Rutot, le géologue qui ferait un levé géologique *détailé* de la région comprise entre Chauny et Reims pourrait établir des coupes parallèles reproduisant *absolument* l'aspect de celles que M. Rutot a pu dresser dans le Hainaut et dans la Hesbaye et dont il a fourni ci-dessus l'allure schématique.

La prétendue différence signalée vient donc, semble-t-il, se transformer plutôt en ressemblance.

Pour ce qui concerne le second point : la présence d'une masse énorme de fossiles dans le Sparnacien et l'absence de fossiles dans le Landenien supérieur, il y a lieu de faire les remarques suivantes :

Certes le Landenien supérieur de Belgique est dépourvu des nombreux Gastropodes et Lamellibranches du Sparnacien, mais il n'est toutefois pas *complètement* dépourvu de fossiles.

Comme preuve, rappelons les listes données ci-dessus, des fossiles vertébrés du gravier *E* d'Erquelinnes et du gravier d'Orsmael.

Or, cette faune de vertébrés vaut bien la faune des mollusques et elle est bien celle du conglomérat de Cernay, c'est-à-dire de la base du Sparnacien.

Il est, du reste, à remarquer que tous les affleurements belges du Landenien supérieur sont situés à assez grande altitude, notablement au-dessus des niveaux d'eau constants. Comme ces affleurements sont surtout

sableux, c'est-à-dire perméables, les eaux météoriques d'infiltration ont eu tôt fait d'avoir dissous tous les fossiles à test calcaire, d'où leur disparition.

De toute façon, M. Rutot est d'avis que si les mollusques du Landenien supérieur avaient été conservés, ils appartiendraient à une faune saumâtre avec mélange de coquilles d'eau douce.

D'ailleurs, le facies landenien supérieur de la Flandre, placé, au contraire, à grande profondeur sous le sol, dans des couches baignées par le niveau d'eau, a conservé ses fossiles, qui sont ceux du Sparnacien des bassins de Paris et de Londres.

Enfin, vient le troisième point : Le Landenien supérieur de Belgique est-il réellement aussi différent, lithologiquement, du Sparnacien français qu'on pourrait le croire ?

A cette question, M. A. Rutot, qui a étudié monographiquement le Landenien belge, se croit à même de répondre en toute connaissance de cause.

On ne peut juger en rien de ce qu'est, en général, le Landenien supérieur belge au seul examen des sablières d'Erquelinnes et de Grand-Reng.

Ici, l'impression ressentie permet de croire que la grande masse du Landenien supérieur est partout constituée de sable grossier, avec lentilles de marne à la partie supérieure.

Mais cette impression est très incomplète et due simplement au fait que, d'une part, nous sommes ici en plein courant fluvial, et, d'autre part, que seuls les sables sont recherchés pour l'industrie.

On conçoit que, lorsqu'en ouvrant une sablière, les exploitants s'aperçoivent qu'ils entrent dans les couches argileuses et ligniteuses, ils s'empressent d'abandonner le travail.

Du reste, ces couches ligniteuses ne se présentent jamais dans le plein courant fluvial ; elles existent des deux côtés du courant, ou bien elles se montrent là où le delta s'est fort élargi et où la vitesse des eaux s'est considérablement réduite. De toute façon, les lignites ne se montrent guère que tout au sommet du Landenien supérieur, ils sont de l'époque où le courant d'eau était fortement étalé, les chenaux ayant été comblés de sédiments sableux.

L'exploration du delta d'Erquelinnes n'a, d'ailleurs, guère montré de facies présentant de grandes ressemblances avec celui observé dans la cendrière de Chaillevois, par exemple.

C'est dans le delta de la Hesbaye, où le temps trop court réservé à l'excursion ne nous permettra pas d'aller, que le facies de Chaillevois

se montre plus communément; j'en ai signalé plusieurs coupes dans l'*Explication de la Feuille de Landen* accompagnant la Carte géologique publiée à l'échelle du $\frac{1}{20\,000}$.

J'en connais encore d'autres vers le Nord de la feuille de Tirlemont, etc.

Toutefois, il est incontestable que le facies ligniteux et falunien exploité à Chaillevois pour la fabrication de l'alun est plutôt l'exception en Belgique; mais, en revanche, certaines autres ressemblances sont frappantes au point qu'on en est impressionné.

Tout le sommet de l'exploitation de Chaillevois, c'est-à-dire les couches visibles au-dessus des argiles à lignites proprement dites, reproduit tellement fidèlement le sommet de notre Landenien supérieur de la Hesbaye qu'il est impossible que nous ne soyons pas en présence, des deux côtés, d'un même niveau.

Aux environs de Tirlemont, on peut observer, avec le facies de l'argile à lignite très atténué, toute la série vue au sommet de l'exploitation de Chaillevois, et tous les géologues belges présents à l'excursion ont certifié et insisté sur l'identité de ce qu'ils avaient sous les yeux avec ce que l'on peut observer entre Oirbeek et Overlaer, au Sud-Ouest de Tirlemont (1).

On y voit, sous des couches quaternaires, tongriennes, bruxelliennes et ypresiennes :

- | | |
|--|---|
| 4. Lit de gros fragments de bois silicifié reposant sur de fines alternances de lignite noir et de sable blanc | 0 ^m ,30 à 0 ^m ,50 |
| 3. Lit de sable blanc, pur, ou pointillé de lignite | 0,20 |
| 2. Banc de grès blanc exploité comme pierre à pavés. | 1,00 à 1,50 |
| 1. Sable blanc, meuble, passant vers le bas, insensiblement, au sable glauconifère d'émersion <i>L1d</i> , visible sur | 1,00 |

Bref, le Landenien supérieur de Belgique offre comme une réduction du Sparnacien de France; il commence de même, soit par un gravier ravinant, soit par transition aux dépôts marins sous-jacents; il renferme, d'une manière atténuée, des couches médianes analogues aux argiles à lignites et il se termine au sommet par un banc très bien connu de grès blanc à surface mamelonnée, utilisé à la fabrication de

(1) Voir la coupe figurée dans mon travail intitulé : *Note sur la limite orientale de l'étage ypresien dans le Nord-Est de la Belgique, suivie de considérations hydrologiques découlant de la connaissance de l'étendue du bassin ypresien*. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. II, 1888.)

pavés, et renfermant des débris végétaux et notamment des traces verticales de racines. Ce banc est surmonté de sable blanc avec lignite et nombreux gros fragments de bois silicifié.

En présence de ces analogies, pour ne pas dire plus, M. Rutot est d'avis que le Landenien supérieur de Belgique est l'équivalent exact du Sparnacien.

Cela étant, nous voici devant l'opinion exprimée par M. Dollfus et devant sa proposition.

Répetons que M. Dollfus et les géologues français séparent nettement le Sparnacien du Thanetien, et qu'ils tendent plutôt à rapprocher le premier de l'Ypresien que du Thanetien. Ils proposent donc aux géologues belges de supprimer le terme Landenien supérieur pour le remplacer par celui de Sparnacien.

En présence du résultat de ses études sur le Landenien de Belgique, M. Rutot ne peut accepter ni l'avis de M. Dollfus, ni sa proposition.

L'étude monographique du Landenien de Belgique a permis à M. Rutot de conclure :

1° Que l'étage landenien est une unité stratigraphique aussi bien définie qu'il est possible;

2° Que l'étage landenien correspond exactement à une oscillation du sol, comprenant une phase d'affaissement avec immersion marine, suivie d'une phase de soulèvement avec émergence marine;

3° Qu'en fait, les observations démontrent que pendant ces deux phases, il s'est déposé, dans le bassin landenien, un *cycle sédimentaire marin* complet et normal, comprenant :

Lld. Sable d'émergence.

Llc. Sable argileux de fond.

Llb. Sable d'immersion

Lla. Gravier de base ;

4° Qu'à côté de ce fait général vient se placer un fait local et particulier : le débouché sur le rivage Sud-Est de deux cours d'eau qui se fait vivement sentir pendant la phase d'émergence seule, parce que ces cours d'eau, devant suivre la mer en retraite, sont venus troubler *localement* le dépôt du sable d'émergence *Lld* et, en plein courant, substituer des sédiments fluviaux aux sédiments marins;

5° Qu'en conséquence, les dépôts d'eau douce, dits « Landenien supérieur », sont contemporains de la phase d'émergence de l'oscillation landenienne et, stratigraphiquement, ne sont qu'une dépendance immédiate de l'étage landenien;

6° Qu'en revanche, ces dépôts dits « Landenien supérieur » n'ont rien de commun avec les dépôts marins ypresiens qui les recouvrent immédiatement.

M. Rutot ne voit aucune raison sérieuse empêchant d'appliquer ces conclusions aux couches observées en France, tant les analogies sont frappantes.

Le tableau de la page suivante indique, d'après l'orateur, la concordance telle qu'il l'établit personnellement, là où les couches sont les mieux limitées et caractérisées.

D'après ce tableau, le Sparnacien, loin de constituer un étage distinct et d'imposer son nom au Landenien supérieur, deviendrait simplement, comme celui-ci, un faciès de la partie supérieure du Thanetien.

L'auteur ne se fait nulle illusion sur l'effet immédiat que produira cette conclusion sur ses confrères français; il croit cependant devoir émettre pour terminer les quelques considérations suivantes :

Bien que des analogies frappantes aient été reconnues entre les bassins, y a-t-il identité complète ?

Non, mais les différences que l'on peut constater ne sont pas d'ordre primordial, elles sont d'ordre secondaire.

M. Rutot ne voit, entre le bassin français et le bassin belge, que des différences de conditions localisées, qui peuvent se résumer comme suit :

1° En Belgique, l'oscillation landenienne a été nette, bien caractérisée et complète;

2° En France, l'oscillation thanetienne, tout en ayant été plus vaste comme étendue, a été moins ample et le noyau argileux médian du cycle sédimentaire est peu accusé;

3° En Belgique, l'émersion landenienne s'est nettement traduite par le dépôt d'un sable d'émersion et par un retrait évident du rivage marin;

4° En France, l'émersion a été très lente et insuffisante et les sables de Châlons-sur-Vesles, au lieu de représenter seulement le sable d'émersion de Belgique, occupent au moins la moitié de l'ensemble des dépôts marins;

5° En Belgique, à peine le retrait de la mer landenienne a-t-il commencé, que deux cours d'eau, dont l'effet s'était à peine fait sentir durant la première phase, creusent des chenaux au travers des couches précédemment déposées, pour suivre la mer dans son mouvement de retraite.

**Essai de synchronisme entre l'étage landenien de Belgique et le Sparnacien
et le Thanetien du Nord de la France, par M. A. RUTOT.**

BELGIQUE.			NORD DE LA FRANCE.	
DÉPÔTS DE DELTA.			DÉPÔTS DE DELTA.	DÉPÔTS MARINS.
N.-O. de la Flandre.	Hainaut et Brabant.			
		Argile ypresienne.		Sables de Guise.
Sable caillouteux à faune sparnacienne.	Lacune ?	Lacune ?	Sables caillouteux de Sinceny.	
Sables, argiles et lignite, à faune sparnacienne.	Sable blanc ligniteux avec banc de grès blanc et bois silicifié. Alternances de sable, de marne, d'argile et de lignite. Sables grossiers et gravier de base à ossements de vertébrés.	Sable marin d'immersion <i>L/d.</i>	Sable blanc ligniteux avec banc de grès blanc et bois silicifié Alternances de sable, de marne, d'argile et de lignite, avec faune saumâtre, Sables grossiers et gravier de base à ossements de vertébrés. Sable et calcaire de Rilly.	Sables de Châlons-sur-Vesles.
Sable glauconifère.		Argile sableuse plus ou moins durcie, tuffeau <i>L/c.</i> Sable d'immersion <i>L/b.</i> Gravier de base <i>L/a.</i>		Sables de Bracheux, tuffeau, sables glauconifères. Gravier de base.
Argile poldérienne.				

Les sédiments de ces cours d'eau sont surtout sableux en Belgique, *ce qui est l'indice d'une grande vitesse des eaux, due au soulèvement de la région Sud-Est du pays, direction d'où venaient ces cours d'eau;*

6° En France, le bassin marin peu soulevé se vide avec difficulté. Un fleuve tranquille qui se jetait d'abord au Sud du bassin y apporte maintenant des eaux plus volumineuses et troubles.

Les eaux douces se mêlent aux eaux marines, et dans le précédent bassin marin s'établit un régime d'eau saumâtre où des sédiments hétérogènes, mais surtout argileux, se déposent avec des débris de végétaux charriés ou croissant sur des îlots temporaires.

Le fait du déversement du fleuve dans l'énorme bassin amène une perte de vitesse immédiate des eaux, ce qui favorise le dépôt des argiles;

7° En Belgique, ce sont les phases d'immersion, puis de tranquillité, qui paraissent avoir été les plus longues, tandis que la phase d'émersion semble avoir été plus courte;

8° En France, la phase d'immersion semble avoir été la plus courte, tandis que la phase d'émersion doit avoir été la plus longue.

Le facies saumâtre sparnacien peut donc avoir commencé en France sensiblement plus tôt que le facies fluvial en Belgique; il a pu durer aussi plus longtemps;

9° Le facies de Sinceny ne semble avoir d'équivalent, en Belgique, que dans le Nord-Ouest de la Flandre, où les couches à facies sparnacien sont surmontées de lits sableux et caillouteux;

10° En France, le facies supérieur de Sinceny semble concorder avec les premiers effets de l'affaissement du sol qui a permis à la mer de rentrer plus tard dans le bassin de Paris et d'y déposer les sables de Cuise.

Ce serait comme la première manifestation d'une rentrée des eaux marines dans le vaste bassin lagunaire.

Cette interprétation pourrait amener les couches de Sinceny dans la zone d'influence de l'Ypresien français;

11° En Belgique, les couches caillouteuses à facies de Sinceny ont pu jouer le même rôle;

12° Malgré des indices contraires, il est impossible de dire si, en Belgique, il existe une lacune plus ou moins longue entre le sommet du Landenien et la base de l'Ypresien.

Il se peut qu'une lacune existe, permettant en France la prolongation de l'époque à facies sparnacien étendu, qui donne à celui-ci une importance apparente plus grande qu'en Belgique.

Ce qui est certain, c'est que l'Ypresien, lorsqu'il ne repose pas, dans notre pays, sur des couches caillouteuses à facies de Sinceny, ne présente ni cailloux abondants ni ravinement à sa base.

Que l'Ypresien repose sur le sable marin d'émerision *L1d* ou sur les dépôts fluviaux du facies dit « Landenien supérieur », — ce qui est rare, — il débute toujours par une argile grise, plastique, sans fossiles animaux, mais avec débris végétaux, qui paraît être plutôt une argile poldérienne littorale qu'une argile de grand fond ;

13° Rappelant enfin que nous avons vu, en France, des indices de l'existence de modes très différents de contact entre le Sparnacien et le Thanetien, qui rappellent singulièrement ce que M. Rutot a pu observer en Belgique, celui-ci se permet de livrer les considérations qui précèdent aux réflexions de ses confrères français, afin de les engager à faire quelques nouvelles études et vérifications qui pourraient peut-être quelque peu modifier la manière de voir actuelle.

M. Dollfus est loin de critiquer d'une manière générale la théorie du cycle sédimentaire préconisée par MM. Rutot et Van den Broeck, mais il tient à faire observer combien elle est souvent d'application délicate. Ainsi on a vu à Erquelinnes comme à Mons, dans le Landenien, des graviers dont M. Rutot a déclaré ne devoir tenir aucun compte, tandis que, dans les mêmes localités, les graviers de base font défaut entre deux systèmes importants, entre le Landenien et l'Ypresien. Si l'on s'en rapportait aux graviers importants, la limite à tracer serait entre le Landenien inférieur et le Landenien supérieur, et leur absence conduirait à réunir le Landenien supérieur à l'Ypresien, ce qui est justement la classification proposée par M. Dollfus. Le sable d'émerision *L1d* est franchement marin, il est séparé par un profond ravinement du sable fluvatile ou fluvio-marin *L2* et il ne saurait en être synchronisé ni même rapproché. La classification stratigraphique est basée sur l'oscillation des rivages, sur l'examen des points comme Erquelinnes, Tirlemont et Landen, car dans les dépôts marins profonds nous savons que la sédimentation est continue et que les formations peuvent passer de l'une à l'autre sans séparation. Les coupes mêmes de M. Rutot montrent à l'évidence qu'il y a une limite à tracer entre *L1d* et *L2*.

III. — *Course aux environs de Leval-Trahegnies. — Bruxellien, Ypresien, Landenien, Montien supérieur.*

L'heure de prendre le train étant venue, nous partons pour Leval-Trahegnies, où nous arrivons à 12 h. 58.

Après un déjeuner rapide, nous nous mettons en route et nous nous dirigeons directement vers le Sud-Est jusqu'au sommet de la colline dite Trieu de Leval, à 185 mètres d'altitude.

Malheureusement, pendant le déjeuner, le temps s'était couvert, bientôt il devint menaçant et à peine la course de l'après-midi commençait-elle que la pluie se mettait à tomber avec violence, entravant les observations d'une manière très sérieuse.

Nous avons gravi directement le Trieu de Leval jusqu'au sommet pour pouvoir faire la suite des observations méthodiquement, en descendant.

De la cote 185 à la cote 175, un chemin creux montre, dans ses talus de 2 mètres de hauteur, un affleurement direct de sable demi-gros, jaune verdâtre, avec petites concrétions gréseuses irrégulières et poreuses.

M. Rutot nous apprend que c'est le Bruxellien, c'est-à-dire la base de l'Éocène moyen, le représentant incontesté des couches à *Nummulites lævigata* du Bassin de Paris.

Dans cette région, la constitution de l'étage bruxellien est très simple et régulière, et ressemble beaucoup à celle que nous lui verrons aux environs de Bruxelles.

Dans tous ses affleurements du Hainaut, le Bruxellien se divise en deux masses superposées, passant insensiblement de l'une à l'autre.

Sur un gravier de base, souvent très peu développé, s'étend une épaisse couche de sable un peu calcaireux, peu glauconifère, renfermant des quantités de petites concrétions gréseuses, irrégulières, poreuses, avec *Ostrea cymbula*.

Au-dessus de ces sables se développent des sables plus calcaireux avec lits subcontinus de grès calcarifère.

En raison de leur situation à haute altitude et de leur grande perméabilité, ces sables bruxelliens sont presque toujours altérés et décalcarisés dans toute leur masse; aussi est-il très rare de rencontrer des points où la constitution normale subsiste intacte. Au Trieu de Leval, nous sommes devant des couches complètement altérées.

Ici, tout le Bruxellien était chargé de calcaire, ce qui constitue pour ainsi dire un lien entre le facies sableux de Bruxelles et le calcaire de France.

Sous l'altitude de 175 mètres, des maisons existent le long du chemin et rendent les observations difficiles. De temps en temps apparaît, à la base du talus, un petit affleurement de sable jaune bruxellien.

Entre 170 et 165, on ne peut rien distinguer, mais vers la cote 160, les talus montrent de l'argile grise, finement sableuse, qui appartient à l'Ypresien des géologues belges.

Nous n'avons donc pas pu voir le contact du Bruxellien sur l'Ypresien. Ce contact a lieu vers la cote 166, et il est très difficile à saisir parce que nous nous trouvons ici près du littoral Sud-Est de l'Ypresien, c'est-à-dire en un point où les facies normaux disparaissent pour faire place à des facies spéciaux, littoraux, à éléments généralement plus grossiers qu'à l'intérieur du bassin.

Entre la base du Bruxellien et l'argile ypresienne observée à partir de la cote 160, existe le représentant du sable très fin d'émersion *Yd* du facies normal, sous forme d'un sable demi-fin, peu glauconifère, qui se distingue difficilement du Bruxellien qui le surmonte.

Ce facies littoral de la partie supérieure de l'Ypresien des géologues belges — qu'il ne faut pas confondre avec l'Ypresien des géologues français — est très développé tout le long du rivage Est de la mer ypresienne.

Il commence à se montrer aux environs de Wavre, il est bien visible aux environs de Nivelles, de Seneffe, puis il descend vers Binche pour prendre au Sud, près de Grand-Reng, un facies plus franchement littoral encore, connu sous le nom de *Sable de Peissant*.

Au Trieu de Leval, le sable du sommet de l'Ypresien a donc environ 6 mètres d'épaisseur et il passe rapidement vers le bas à une argile grise plastique, un peu feuilletée.

Ce facies argileux, qui rappelle assez bien l'Ypresien normal *Yc*, n'a guère plus de 10 mètres d'épaisseur, et à la cote 150 apparaît un nouveau facies de l'Ypresien, très différent de tout ce qui s'observe dans le centre du bassin.

Tout le bas de l'Ypresien, sur environ 20 mètres, est constitué par un sable vert, très glauconifère, à grain assez gros, à ciment argilo-calcaire et rempli de petites concrétions gréseuses irrégulières et poreuses, blanches, ressemblant parfois à s'y méprendre à celles du Bruxellien du sommet du Trieu.

Heureusement, au passage de la masse argileuse médiane au facies

sableux inférieur, les concrétions gréseuses sont plus régulières, à grains cimentés par de l'argile durcie, et elles se divisent en plaquettes fossilifères, où abondent *Leda Corneti* et *Nucula Briarti*, fossiles caractéristiques de l'argilite de Morlanwelz à *Nummulites planulata*.

Entre les cotes 155 et 150 s'ouvre une exploitation d'argile noirâtre.

La pluie, qui continue à tomber à torrents, empêche absolument de pénétrer dans l'excavation; aussi M. Rutot doit-il se borner à fournir, à distance, les explications.

La seule partie abordable est le sommet de l'excavation. Elle montre très bien la base, visible sur 2 mètres, du facies sableux ypresien constaté dans les talus du chemin parcouru.

Cette base est nette, horizontale et simplement indiquée par un accroissement très sensible des grains de quartz. Il y a donc une apparence de gravier de base.

Au-dessus, on voit du sable glauconifère un peu argileux, paraissant en certains points homogène, en d'autres hétérogène et criblé alors de taches blanchâtres.

On reconnaît que le facies tacheté est le facies normal en voie d'altération; le facies homogène est complètement altéré.

Les taches blanches sont des concrétions gréseuses en voie de décomposition et devenues plus ou moins friables.

Les 0^m,50 inférieurs de l'Ypresien sont formés de sable meuble, glauconifère, grossier, et ils renferment en certains points des quantités de singulières concrétions ferrugineuses complètement sphériques et composées de couches concentriques régulières. Certaines de ces concrétions paraissent munies d'un court pédoncule, d'autres semblent percées de part en part suivant un diamètre.

Peut-être des débris végétaux ont-ils donné naissance à ces concrétions.

Sous la base de l'Ypresien se montrent, sur 8 à 9 mètres de profondeur, des couches argileuses de couleur sombre, sur les pentes glissantes desquelles il ne pouvait être question de s'aventurer.

M. Rutot, qui a étudié en détail cette exploitation et les autres, a pu fournir les renseignements désirables.

Il a du reste publié ses observations dans une note intitulée : *Sur la découverte d'une flore fossile dans le Montien du Hainaut* (1).

(1) A. RUTOT, *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, t. XV, 1901.

La coupe actuellement visible est celle représentée par la figure 2 de cette note. On y voit, en partant du haut :

A. Argile très sableuse, glauconifère, avec petites concrétions gréseuses altérées, irrégulièrement distribuées.	2 ^m ,00
B. Sable glauconifère, meuble, à grain grossier (base de l'Ypresien)	0,30
C. Argile grise, plastique	0,60
D. Couche régulière de lignite noir, feuilleté, avec empreintes végétales nombreuses et diffuses et fragments assez volumineux de troncs d'arbres à texture xyloïde, plus ou moins pyritisés, montrant parfois des globules de résine fossile <i>in situ</i>	1,00
E. Argile grise, plastique, avec empreintes végétales . . .	2,00
F. Lit de sable jaune, meuble, stratifié, indiquant une disposition lenticulaire	1,50
G. Argile gris-blanc, plastique, avec empreintes végétales et nodules libres de résine	4,00 à 5,00

En mai 1900, M. Rutot avait pu voir le fond de l'excavation et il avait constaté que l'argile repose directement sur la craie blanche sans silex, dont la surface est très irrégulière, formant des bosses et des fosses. Il n'existait aucune trace de gravier au contact.

Outre les nombreuses empreintes végétales (feuilles et tiges) et les troncs d'arbres avec résine fossile déjà recueillis, la même exploitation a commencé à fournir des débris d'animaux. Le Musée de Bruxelles possède de ce gisement trois vertèbres allongées, qui semblent avoir appartenu à un Reptile, ainsi qu'un *Unio* bivalve.

Au sujet de l'âge de ces couches, M. Rutot expose qu'elles ont été d'abord rapportées par M. A. Briart au Montien supérieur, puis qu'il a changé d'avis et en a fait du Heersien.

M. Rutot rappelle que dans sa note précitée, il a discuté cette question; d'après lui, il y a lieu d'adopter la première manière de voir de Briart, d'autant plus que ces couches fournissent actuellement des fossiles; ceux-ci paraissent n'avoir rien de commun avec la flore des marnes heersiennes de Gelinden.

Les membres de l'excursion se sont alors dirigés vers l'Ouest, où ils ont pu voir rapidement une autre exploitation d'argile montienne. (Fig. 3 de la même note.)

Celle-ci ne montre qu'une superposition de limon hesbayen, argileux, stratifié, un peu altéré, sur 5 à 6 mètres d'argile gris foncé, avec lentilles de sable meuble intercalées.

Il est aisé de voir que ces dépôts ont été abandonnés par des eaux

douces au cours très lent, avec intercalations locales et momentanées de sédiments d'eaux plus rapides.

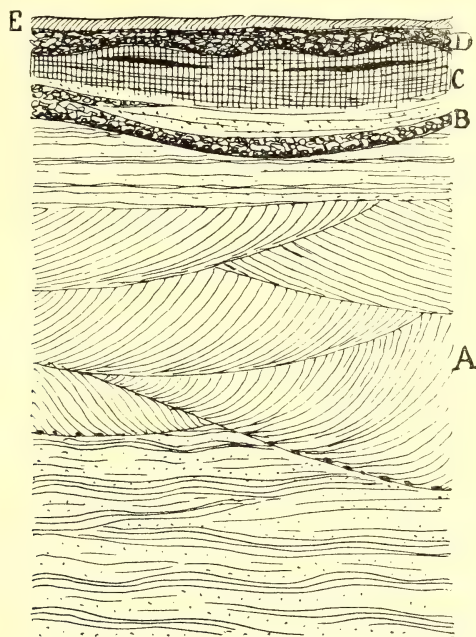


FIG. 5. — COUPE D'UNE SABLIERE A LA COURTE (LEVAL-TRAHEGNIES) (1).

- | | |
|---|---------------------|
| A. Sable blanchâtre, assez régulièrement stratifié vers le bas, très irrégulièrement stratifié à la partie médiane et plus régulièrement stratifié à la partie supérieure. Au contact de la partie médiane et de la partie supérieure, il y a des cailloux de silex épars | 12 ^m ,00 |
| B. Cailloutis de concrétions gréseuses provenant de l'Ypresien et du Bruxellien, base du Moséen, avec rares silex utilisés éolithiques (<i>Reutelian</i>) (2) | 0,50 |
| C. Moséen. Vers le bas, sable, plus haut glaise verdâtre stratifiée avec lits tourbeux à la partie supérieure . . | 2,00 |
| D. Cailloutis sommet du Moséen, formé de concrétions gréseuses de l'Ypresien et renfermant d'assez nombreux silex des industries <i>mesvinienne</i> et <i>chelléenne</i> , très bien caractérisés. | 0,50 |
| E. Traces de limon hesbayen dénudé. | 0,30 |

(1) Depuis l'époque de l'excursion, de nouveaux travaux ont été effectués à la sablière et l'ont complètement transformée. Voir à ce sujet l'*Annexe* à la première journée, ci-après.

(2) Le cailloutis de base du Quaternaire inférieur ou Moséen renferme aussi assez bien de fragments de bois silicifié, provenant évidemment du ravinement de couches landeniennes supérieures plus élevées que celles visibles ici.

Ces dépôts reproduisent les principaux faits caractéristiques des sédiments wealdiens du Hainaut.

De la seconde exploitation d'argile montienne (1), nous nous sommes rendus par le chemin le plus direct aux grandes sablières de la Courte.

Notons d'abord que la base de l'Ypresien, au Trieu de Leval, se trouve à la cote 150.

La base du Montien supérieur, reposant directement sur la craie blanche, est à la cote 120 environ.

A la Courte, la surface du sol est à la cote 115 maximum.

Nous serions donc en droit de croire que nous devons nous trouver en plein terrain crétaé.

Il n'en est rien ; nous nous trouvons devant trois sablières, dont la plus importante a 15 mètres de profondeur et est constituée presque complètement de sable landenien supérieur.

La figure 5 reproduit la coupe relevée dans la principale exploitation.

Nous nous trouvons donc en présence d'une coupe d'environ 400 mètres de longueur, montrant une superposition très intéressante de Quaternaire inférieur moséen sur le Landenien supérieur, presque uniquement sableux, à allure irrégulière, à stratification oblique et entrecroisée (2), avec rares lits caillouteux, argileux et ligneux ; le sommet de ces couches épaisses se trouvant à 15 mètres en contre-bas de la cote à laquelle il devrait se placer, tandis qu'au Trieu de Leval, à un peu plus de 1 kilomètre à l'Est, l'Ypresien repose directement sur le Montien, sans apparence de ravinement sensible et sans trace de Landenien.

On voit donc que le Landenien de la Courte, qui ne paraît nullement dérangé ni bouleversé, se trouve bien en dehors de la position normale qu'il devrait occuper si c'était un dépôt marin ou simplement régulier.

Quittant la sablière pour nous diriger vers la gare de Leval, M. Rutot montre, à 500 mètres au Nord des sablières, et à la cote 117, donc un peu plus haut que le sommet des sablières (cote 115), un puits de briqueterie qu'il a vu creuser et qui a atteint, sous 5 mètres de limon quaternaire (Ergeron), directement la craie blanche, dans laquelle il a pénétré de 20 mètres.

(1) Ces argiles sont exploitées pour la fabrication du ciment hydraulique.

(2) Dans le fond de l'exploitation, il existe des couches moins tourmentées, qui semblent avoir subi certaines influences marines, indiquées par la présence de tubes d'annélides. Il existe aussi dans ces couches des traces rougeâtres de lamellibranches indéterminables.

Le caractère de ravinement fluvial des sables du Landenien supérieur se montre par conséquent ici en toute évidence.

Un bras du fleuve landenien, parfaitement délimité en largeur, puisqu'il ne passe pas au Trieu de Leval, a donc, un peu au Sud, creusé un sillon à pente assez raide, d'au moins 20 mètres de profondeur, sillon qu'il a rempli de sédiments sableux.

Cette trainée de sable, dont la direction est Ouest-Nord-Ouest-Est-Sud-Est, se trouve donc comme insérée dans le massif de craie; c'est ce que j'ai essayé de représenter schématiquement dans la figure suivante, qui ne tient pas compte du relief actuel du sol.

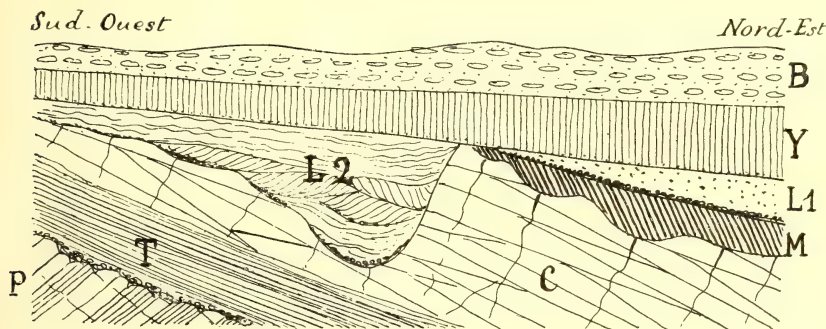


FIG. 6. — COUPE SCHÉMATIQUE, MONTRANT LA DISPOSITION DES COUCHES LE LONG D'UNE LIGNE SO.-NE. ET PASSANT PAR LES SABLIERES DE LA COURTE.

- B. Étage bruxellien;
- Y. Étage ypresien;
- L2. Landenien supérieur fluvial;
- L1. Landenien inférieur marin;
- M. Argile montienne à végétaux;
- C. Craie blanche (Saint-Vaast);
- T. Turonien;
- P. Terrain primaire.

A la descente de la pente Nord se dirigeant vers la voie ferrée, M. Rutot montre un bon contact d'ergeron flamand sur le limon hesbayen qui lui avait été signalé autrefois par M. Ladrière, puis on arrive au chemin dirigé approximativement Est-Ouest, formant avec la gare de Leval et le chemin pavé un triangle aplati.

Le long de ce chemin (cote 105 à 110), M. Rutot montre un bon affleurement de craie argileuse, blanche, renfermant une énorme quantité de rognons irréguliers de silex à cassure bigarrée blanche et noire. C'est un excellent affleurement de la Craie de Saint-Vaast, représentant, dans le Hainaut, l'assise inférieure du Sénonien ou assise d'Aix-la-Chapelle.

Par suite de la dissolution de la surface de la craie, les silex, insolubles, se sont accumulés à la partie supérieure et forment, sur le sol actuel, un véritable tapis de silex qui, à l'époque quaternaire, a été utilisé par les populations primitives pour la confection de leurs outils et de leurs armes.

Après l'époque de l'approfondissement maximum des vallées (assise campinienne), le limon hesbayen est venu recouvrir de son manteau toute la région, mettant ainsi à couvert le cailloutis et les restes très nombreux de l'industrie humaine, représentée notamment par des instruments amygdaloïdes chelléens.

Plus tard, à l'époque flandrienne (assise la plus supérieure du Quaternaire), le limon sableux dit *Ergeron* est venu en partie raviner le limon hesbayen, puis s'est superposé à lui.

Depuis le commencement de l'époque moderne, les pluies, chassées par les vents dominants du Sud-Ouest, sont venues délayer successivement les versants dirigés vers le Sud-Ouest, et la pente du sol sur lequel nous nous trouvons étant précisément exposée dans cette direction, les limons, flandrien et hesbayen, ont été successivement enlevés, mettant localement l'ancien cailloutis préhesbayen à industries humaines à découvert.

Les vestiges de ces industries anciennes affleurent donc localement aujourd'hui à la surface du sol, et ils ont été recueillis en grand nombre. Ils se trouvent actuellement au Musée royal d'Histoire naturelle.

Au Sud de la bifurcation du chemin dans lequel nous venons d'observer l'affleurement de Craie de Saint-Vaast, avec la route pavée menant à la gare de Leval, nous avons vu ce qui reste d'une grande excavation abandonnée, mais que j'ai très bien observée il y a quelques années.

Dans cette excavation, qui actuellement semble être un vrai chaos, on exploitait du sable landenien marin et de l'argile montienne.

J'ai représenté figure 4 dans ma note sur la découverte d'une flore fossile dans le Montien du Hainaut, un coin de cette excavation que nous reproduisons à la page ci-contre (fig. 7).

Nous sommes là à la cote 115.

Primitivement, il y avait en ce point sur la craie, une épaisseur plus ou moins régulière d'argile montienne, qui a été ravinée irrégulièrement par l'arrivée de la mer landenienne, laquelle a étalé à la surface du Montien un épais cailloutis de silex de diverses provenances, *L1a*.

Au-dessus se sont étendus les sables landeniens, la mer étant trop peu profonde pour qu'il s'y soit déposé le noyau argileux médian.

Il se fait donc que le sable d'immersion *L1b*, qui surmonte le gravier *L1a*, passe directement au sable d'émergence *L1d* sans intercalation de sédiments argileux *L1c*.

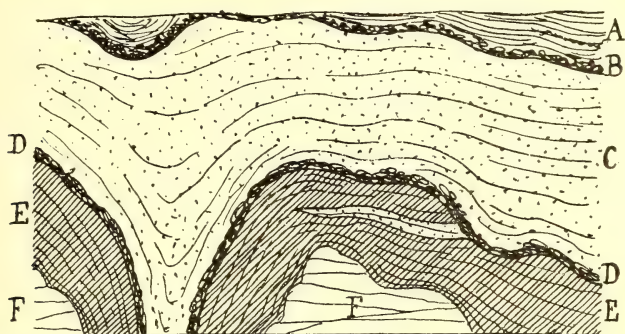


FIG. 7. — COUPE DANS UNE EXCAVATION A 300 MÈTRES A L'EST DE LA GARE DE LEVAL-TRAHEGNIES.

A. Glaise moséenne.	1 ^m ,00
B. Cailloutis, base du Moséen, à éléments très hétérogènes, renfermant des silex utilisés éolithiques	0,30
C. Sable glauconifère. marin, landenien	2,00
D. Cailloutis, base du Landenien, composé de silex plus ou moins roulés de diverses provenances, généralement à croûte extérieure verdie	0,20
E. Argile grise montienne avec lits lenticulaires de sable jaune	2,00 à 4.00
F. Craie blanche, à silex bigarrés de Saint-Vaast.	

Plus tard encore, l'Ypresien, puis le Bruxellien, ont recouvert le tout.

Mais les dénudations pliocènes et quaternaires ont enlevé les terrains supérieurs, de manière à ne laisser en place qu'une partie du Landenien et sans qu'il y ait trace de Landenien supérieur.

Dès que les couches ypresiennes peu perméables eurent été enlevées, les eaux s'infiltrèrent au travers du sable landenien et au travers des fissures de l'argile montienne, et pénétrèrent dans la craie très fissurée. Celle-ci fut dissoute et il se forma lentement, à la surface de la craie, des cavités dans lesquelles s'enfoncèrent peu à peu les terrains sus-jacents.

Toute l'exploitation dans laquelle nous sommes est parsemée de ces dépressions profondes, dont les parois verticales sont recouvertes du cailloutis landenien qui s'y enfonce.

C'est cet ensemble de dépressions de diamètre et de profondeurs différentes, placées à côté les unes des autres, et d'où l'on a extrait

l'argile montienne et le sable landenien exploité comme sable de moulage, qui donne à l'excavation aujourd'hui abandonnée l'aspect chaotique qui étonne et déroute tout d'abord.

Enfin, avant de nous rendre à la gare de Leval, nous avons encore visité une autre sablière, située au Nord de la bifurcation des chemins.

J'ai pu noter dans cette sablière, distante de 150 mètres de la précédente, la coupe représentée ci-dessous :

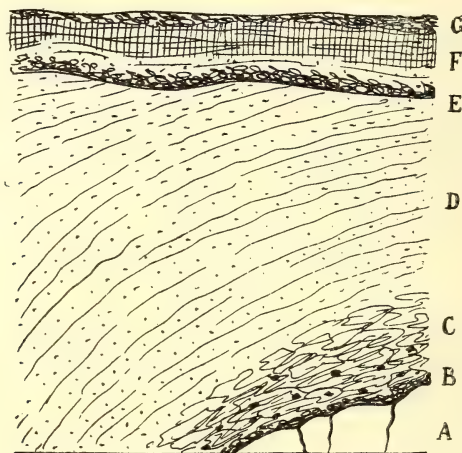


FIG. 8. — COUPE D'UNE SABLIERE A 150 MÈTRES AU NORD DE LA PRÉCÉDENTE.

- A. Craie blanche.
- B. Cailloutis de silex, base du Landenien inférieur.
- C. Sable grossier, à gros grains de glauconie, durci ou grès tendre (facies tuffeau d'Angres), avec petits galets noirs épars et empreintes de fossiles.
- D. Sable gris ou vert, à grain moyen, glauconifère. identique au sable C de la coupe précédente.
- E. Cailloutis base du Moséen, formé de concrétions gréseuses de l'Ypresien.
- F. Glaise et sable du Moséen.
- G. Cailloutis supérieur, avec mélange d'industries mesvienne et chelléenne.

Les couches B et C représentent le Landenien inférieur marin, et ici le facies gréseux à gros grains de glauconie, si développé autour d'Angres, est très bien visible à la base de l'étage.

La grande irrégularité de l'allure de la base du Landenien montre que la craie est encore ici traversée verticalement par des poches profondes de dissolution, avec effondrement des couches supérieures insolubles.

La visite de cette sablière terminait le programme de l'excursion de la journée.

A 5 h. 30, nous reprenions le train qui nous ramena à Mons à 6 h. 30, où nous avons passé la nuit.

ANNEXE AU COMPTE RENDU DE LA PREMIÈRE JOURNÉE (1).

I. — *Transformations de la coupe de la sablière de la Courte, à Leval-Trahegnies. — Argile à lignites avec résine fossile à insectes.*

Depuis l'époque à laquelle a eu lieu la course à Erquelinnes, Grand-Reng et Leval-Trahegnies, la grande sablière de la Courte, qui seule subsiste, — les deux autres voisines ayant été fermées, — a subi des modifications considérables qu'il est nécessaire de faire connaître sans tarder.

Jusque fin 1902, cette sablière était exploitée selon un front d'abatage long d'une centaine de mètres, rectiligne et dirigé Nord-Ouest-Sud-Est, qui montrait une magnifique coupe représentée figure 6 du présent compte rendu.

Je ne sais pour quelle raison le front d'abatage a été modifié, mais passant en juillet 1903, en compagnie de M. le Dr Capitan, de Paris, puis en août avec M. Mac Curdy, anthropologue américain, j'ai pu constater que le nouveau front d'abatage était dirigé perpendiculairement au précédent, ce qui transforme ou plutôt complète de la plus heureuse façon la coupe déjà connue.

Si l'on s'en rapporte à la figure 5 du compte rendu, nous y constatons simplement un contact du Moséen sur une puissante masse uniquement sableuse, qui constitue le Landenien supérieur fluvial.

Or, la nouvelle coupe nous montre la disposition indiquée à la figure 5^{bis} ci-après, le plan de l'ancien front étant dirigé selon la ligne *MN*.

C'est donc vers le Nord-Est que se développe maintenant l'exploitation.

Or, si nous nous reportons à la coupe schématique n° 7 du compte rendu, passant par la sablière, nous voyons que l'extension de l'exploitation ayant lieu vers le Nord-Est, entame le bord du courant fluvial du

(1) Annexe ajoutée pendant l'impression, en octobre 1903.

côté de la pente rapide et nous montre ainsi la constitution du bord, qui ne nous était pas connue.

A diverses reprises, dans le cours de l'excursion, nous avons dit que vers les bords se développent les argiles et les lignites, et le fait vient encore donner une complète confirmation à nos prévisions.

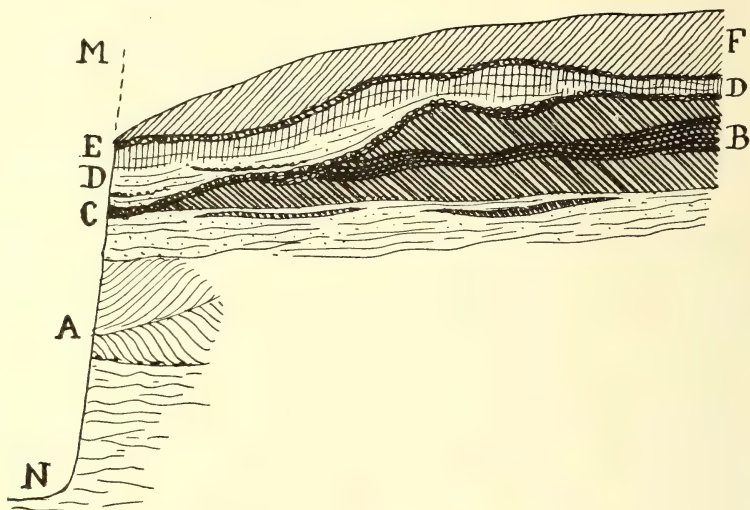


Fig. 5bis. — NOUVELLE COUPE, PRISE EN 1903 A LA GRANDE SABLIERE DE LA COURTE, A LEVAL-TRAHEGNIES.

- A. Masse du sable landenien supérieur fluvial, montrant les mêmes détails que ceux observés le long de l'ancienne coupe selon MN.
- B. Argile grise, très dure, très plastique, gris foncé, avec gros lit noir de lignite argileux, discontinu, renfermant de nombreux fragments de lignite xyloïde et d'abondants petits rognons de résine fossile diversement colorés et renfermant de rares insectes 2^m,00 à 3^m,00
- C. Cailloutis de base du Moséen, constitué d'un amas de petits grès blanchâtres provenant de la dénudation de la partie inférieure de l'Ypresien local 0,40 à 1,00
- D. Sable stratifié et glaise verte panachée moséenne. Lits minces, tourbeux à la partie supérieure 0,50 à 2,00
- E. Cailloutis supérieur du Moséen, constitué de petits grès de l'Ypresien, et présentant actuellement à la surface une magnifique et riche industrie chelléenne, représentée par de splendides spécimens. 0,50
- F. Limon hesbayen, argileux, stratifié, très bien développé et caractérisé. 1,00 à 3,00

Nous pouvons donc actuellement fournir un schéma du bord Nord du courant fluvial qui a creusé son profond sillon dans la craie blanche :

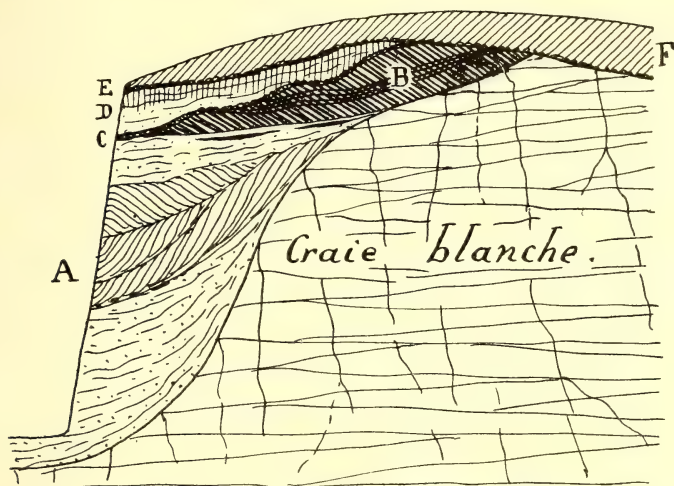


Fig 6bis. — SCHÉMA DU BORD NORD DU COURANT FLUVIAL LANDENIEN SUPÉRIEUR PASSANT A LA COURTE (LEVAL-TRAHEGNIES).

Creusé la dans masse de la craie blanche, nous voyons donc le courant fluvial landenien constitué vers le bas par les sables blancs plus ou moins irrégulièrement stratifiés *A*, puis, sur une sorte de terrasse, nous voyons s'étendre la couche argileuse *B*, traversée de lits noirs ligniteux avec résine fossile.

Au-dessus de ces couches *A* et *B*, constituant le Landenien supérieur, nous trouvons le Quaternaire moséen représenté par son cailloutis de base *C*, par ses dépôts normaux de sable et de glaise panachée *D* et par son cailloutis supérieur, renfermant une admirable industrie chelléenne.

Enfin, au-dessus de tout cet ensemble s'étend le manteau de limon hesbayen qui s'épaissit rapidement vers le Nord.

Nous voici donc à la Courte en présence d'un véritable représentant de l'argile à lignites du Soissonnais, dépendant absolument et directement du fleuve landenien supérieur dont il constitue les dépôts riverains, les sables s'étant spécialement déposés en plein courant.

Le lit ligniteux peut avoir jusque 40 centimètres d'épaisseur; on y voit de nombreux fragments de bois ayant conservé leur structure organique et, répartis irrégulièrement dans la masse ligniteuse, on rencontre d'abondants rognons mamelonnés de forme, et de volume

divers, de résine fossile tantôt d'un beau jaune d'or d'une limpidité parfaite, tantôt d'un rouge-grenat très foncé, tantôt jaune plus ou moins foncé traversé de stries d'un blanc laiteux translucide.

Ces petits rognons mamelonnés, à surface craquelée et souvent recouverte d'un enduit résineux noir opaque, mais qui s'écaille et tombe en séchant, varient en volume de 1 centimètre cube à 20 centimètres cubes.

Ayant examiné à la loupe les quelques centaines de rognons recueillis depuis trois mois, j'y ai découvert jusqu'ici un seul insecte très bien conservé.

Cet insecte, sorte de petite mouche ailée de 3 1/2 millimètres de longueur, étudié rapidement par M. Severin, conservateur de la Section d'Entomologie au Musée royal d'Histoire naturelle, a été reconnu comme étant un Hémiptère homoptère de la famille des Jassides et ayant déjà de très grandes ressemblances avec les formes actuelles.

L'argile avec ses lits ligniteux du Landenien supérieur ressemble absolument à l'argile du Montien supérieur exploitée au Trieu de Leval. On sait que le lit ligniteux du Montien supérieur renferme également beaucoup de fragments de bois et de résine fossile. L'argile renferme de belles empreintes de feuilles et, dans la résine, un insecte vient également d'être découvert.

II. — *Découverte d'une tortue du genre « Trionyx » dans le Landenien supérieur d'une sablière à Grand-Reng.*

Dans le compte rendu de la première journée d'excursion, je disais, à propos des sablières existant à proximité de la station de Grand-Reng, qu'aucune trouvaille paléontologique n'y avait été faite jusqu'ici.

J'ajoutais que le temps nous avait fait défaut pour en étudier la partie supérieure.

Ces deux lacunes ont pu être remplies en 1903.

En effet, ayant été appelé, au commencement de mai, à aller constater le gisement d'une tortue fossile que l'on venait de découvrir, j'ai pu, par la même occasion, étudier à loisir l'ensemble complet des couches visibles dans les deux sablières et notamment la partie supérieure.

Dans une note intitulée : *Découverte d'une tortue du genre « Trionyx »*

dans le *Landenien supérieur du Hainaut* (1), j'ai déjà fourni les détails de la découverte et le résultat de l'étude complète des sablières.

Je rappellerai simplement ici que toute la hauteur des sablières — sauf l'extrême sommet, qui montre des lambeaux de Quaternaire moséen et hesbayen, — peut être attribuée au *Landenien supérieur*, qui se subdivise en deux facies superposés, l'inférieur formé de sables grossiers fluviaux, à stratification oblique et entrecroisée, le supérieur constitué d'alternances de sable plus fin, à stratification plus régulière, et de grandes lentilles de marne blanche ou grise plus ou moins épaisses.

La tortue, du genre *Trionyx*, admirablement conservée et de 0^m,70 de longueur, reposait vers le sommet du facies grossier inférieur, à environ 50 centimètres sous la première lentille marneuse du niveau supérieur.

Je n'ai donc pas vu, à Grand-Reng, de représentant certain de l'Ypresien au-dessus du *Landenien*.

DEUXIÈME JOURNÉE. — LUNDI 25 AOÛT.

Matinée : Course à Cuesmes et à Ciply.

I. — Briqueterie de l'Eribus.

Partis de Mons par train à 7 h. 20, nous avons débarqué à Cuesmes-État quelques minutes après.

De la gare de Cuesmes, nous nous sommes rendus immédiatement vers le Sud, et après avoir parcouru 500 mètres, nous sommes entrés dans la grande excavation des briqueteries et des sablières de l'Eribus (2).

Il y a une vingtaine d'années, l'exploitation dans laquelle nous nous sommes rendus, plus d'autres ouvertes des deux côtés de la route de Maubeuge, étaient en pleine activité; de nos jours, seule, celle dans laquelle nous nous trouvons reste ouverte, bien moins belle qu'on pouvait la voir autrefois.

M. A. Rutot, qui donne les explications, a visité presque chaque

(1) BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., *Proc.-verb.* Séance du 19 mai 1903.

(2) Eribus est le nom donné à une colline isolée située à 2 kilomètres au Sud de Mons.

année, depuis vingt ans, cette exploitation; il donne un aperçu de l'ensemble des observations qu'il a pu faire pendant cette longue période.

La figure 9 reproduit la coupe notée au moment le plus favorable.

Cette coupe, dit M. Rutot, offre un magnifique contact de l'Ypresien des géologues belges sur le Landenien.

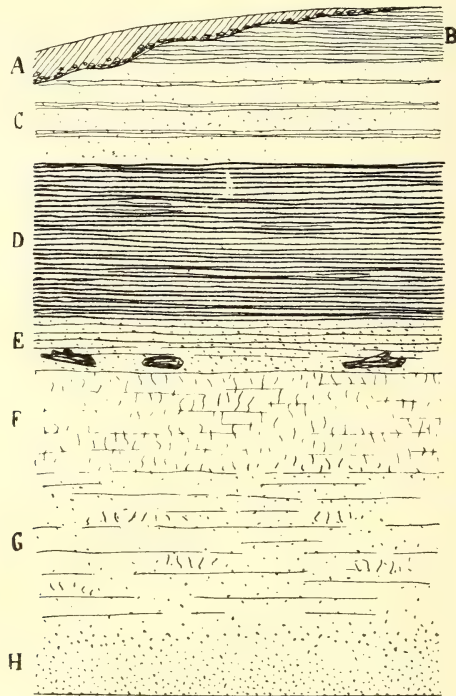


FIG. 9. — COUPE PRISE DANS L'EXCAVATION DES BRIQUETIERIES ET SABLIERES DE L'ERIBUS, A CUESMES.

A. Limon quaternaire avec cailloux à la base	0 ^m ,60
B. Argile sableuse brunâtre	1,00
C. Alternance de sable argileux stratoïde et de lits d'argile grise	2,00
D. Argile grise, schistoïde, plastique	3,00
E. Alternances fines de sable et d'argile grise avec zone de sable gris grossier à la base. On rencontre communément, dans cette couche, de gros fragments de lignite xyloïde	1,00
F. Sable glauconifère, meuble, assez gros, rempli de tubulations d'annélides	2,00
G. Sable vert, glauconifère, homogène, avec quelques tubulations éparses	2,50
H. Sable vert, plus glauconifère, homogène, visible sur . .	1,25

L'Ypresien, dont la moitié seule est visible, montre des alternances argilo-sableuses vers le haut, puis une masse d'argile pure *D*, stratifiée, grise, que l'orateur croit être d'origine poldérienne, c'est-à-dire littorale. Au-dessous de l'argile pure, il y a encore une couche *E*, formée de fines alternances de sable gris fin et d'argile, avec gros fragments de bois ligniteux.

M. Rutot dit qu'il est frappé de la ressemblance complète qui existe entre les deux termes *D* et *E* de la base de l'Ypresien et les couches modernes, que l'on peut observer partout dans la plaine maritime, le long du littoral, et qui surmontent directement la tourbe.

Les fines alternances de la couche *E* sont identiques à celles de l'alluvion marine inférieure de l'époque franque (III^e au VII^e siècle), notée *alr 2* dans la légende de la Carte géologique publiée à l'échelle du $\frac{1}{40\,000}$, et l'argile *D* est en tout semblable à l'argile inférieure des Polders (VIII^e et IX^e siècles), notée *alp 1*.

Ce sont des dépôts essentiellement littoraux, jouant exactement le rôle du gravier de base.

Sous les couches marines de l'Ypresien apparaît le sommet du Landenien, mais lequel? Est-ce le Landenien marin ou le Landenien fluvial?

Il suffit de regarder pour voir qu'il ne peut être un instant question de couches fluviales; nous sommes en présence de sables glauconifères régulièrement stratifiés, remplis au sommet de tubulations d'annélides, ce qui accentue à la fois le caractère marin et le caractère littoral.

Nous sommes ici en face du sable marin d'émersion *L1d*, passant vers le bas à un facies un peu moins littoral.

Donc ici plus rien de semblable à ce que nous avons vu partout hier; l'Ypresien marin succède immédiatement, sans gravier ni ravinement, au Landenien marin, et certes on ne peut tirer, de ce que l'on observe, aucun argument en faveur d'une lacune considérable.

Si nous ne constatons pas ici de Landenien fluvial ou supérieur, c'est-à-dire de représentant du Sparnacien, c'est que nous ne sommes plus dans la zone d'action fluviale dont les dernières manifestations sérieuses sont visibles entre Mons et Binche, c'est-à-dire à l'Est de Mons.

De plus, au point de vue du delta du fleuve landenien des environs d'Erquelinnes, la banlieue de Mons se trouve sur le bord Sud, en dehors de la zone de plein courant qui passait au Nord.

Ce n'est que dans le prolongement de la partie médiane du courant que nous pourrions encore constater des influences fluviales en décrois-

sance rapide et dont nous verrons la dernière trace demain vers Stambruges.

Si, en effet, nous nous plaçons au Nord du courant, les coupes nous montreront partout, comme à l'Eribus, des contacts directs de l'Ypresien marin sur le Landenien marin, contact aussi tranquille, aussi dépourvu de gravier et de ravinement que celui que nous constatons ici.

Hier, entre Erquelinnes et Leval, nous nous trouvions en plein delta fluvial et la nature aussi bien que la puissance des couches du Landenien supérieur nous donnaient l'impression qu'au-dessus du Landenien marin, il existait un ordre de choses tout différent, de grande importance, qui provoquait l'idée de division nette, nécessitant des distinctions de premier ordre.

Il a suffi de s'avancer d'une dizaine de kilomètres vers l'Ouest pour faire évanouir toutes ces apparences trompeuses et pour que la régularité marine normale reprenne le dessus sur de vastes espaces.

A l'Eribus, le Landenien est trop épais pour que nous puissions en observer la base (1), mais grâce à la forte inclinaison des couches, nous ne tarderons pas à l'atteindre en nous dirigeant un peu vers le Sud.

Tout ce qu'il était utile de dire ayant été exposé, nous avons pris le train pour la station d'Hyon-Ciply, très voisine.

II. — *Sablières de Favarte.*

A 300 mètres au Sud de la gare d'Hyon-Ciply s'ouvrent plusieurs sablières, profondes de 4 à 6 mètres et offrant toutes la même coupe.

A un moment particulièrement favorable, M. Rutot a relevé la coupe reproduite ci-après et qui a été prolongée par un sondage (fig. 10).

Ici, il n'y a déjà plus d'Ypresien; toute la sablière — sauf un faible recouvrement quaternaire — est creusée dans le sable d'émersion du Landenien marin *L1d*, semblable à celui de l'Eribus.

Toutefois, un sondage de 2^m,80, pratiqué au fond de la sablière, a permis de toucher le sommet du facies argileux *L1c*.

Ce qui est intéressant dans ce groupe d'excavations, c'est la présence, dans la masse du sable d'émersion, du mince lit *D* de sable plus grossier, avec petits galets de roches diverses et surtout de phanite noir houiller.

(1) A diverses reprises, M. Rutot a pu observer 6 mètres de sable landenien d'émersion sous l'argile ypresienne.

Ce phénomène ne s'étant pas montré ailleurs, à l'Eribus, par exemple, M. Rutot y voit une faible perturbation locale due à la proximité du delta fluvial.

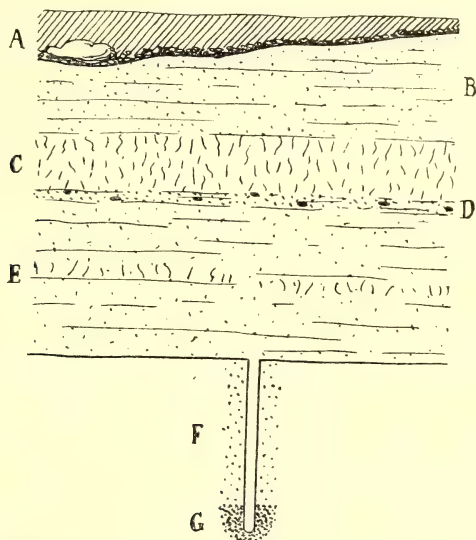


FIG. 10. — COUPE D'UNE SABLIERE A FAVARTE.

A. Limon argileux quaternaire avec cailloutis de silex à la base et quelques blocs de grès blanc	0 ^m ,80
B. Sable demi-fin, micacé, glauconifère, brunâtre, altéré	1,20
C. Sable demi-fin, glauconifère, verdâtre, avec nombreuses tubulations d'annélides	1,00
D. Lit de sable blanchâtre, avec gros grains de glauconie et petits galets noirs de phtanite, épars	0,10
E. Sable gris verdâtre, glauconifère, régulièrement stratifié, avec un petit niveau de tubulations d'annélides	2,75

Un sondage effectué au fond de la sablière a donné :

F. Sable d'abord peu glauconifère, puis se chargeant de gros grains de glauconie en descendant	2,50
G. Sable très glauconifère, vert, argileux	0,30

Lors de l'émersion du bassin marin, à un moment donné, le courant fluvial, ayant été un peu plus violent, a poussé plus loin que d'ordinaire quelques éléments grossiers qui ont été repris et incorporés dans la sédimentation marine.

III. — Anciennes exploitations de tuffeau montien de Ciply.

Nous quittons les sablières de Favarte pour nous diriger vers le Sud-Ouest, le long de l'ancienne route de Bavai.

Au moment où nous nous engageons sur la route, M. Rutot montre, en passant, un chemin creux descendant vers le Sud-Est et où l'on peut voir le terme argileux très glauconifère *L1c*, épais de 6 mètres, reposant, au bas, sur le tuffeau montien.

Nous ne nous arrêtons pas devant cette coupe, attendu qu'à 400 mètres plus loin, nous avons l'occasion d'observer un contact semblable, dans de meilleures conditions.

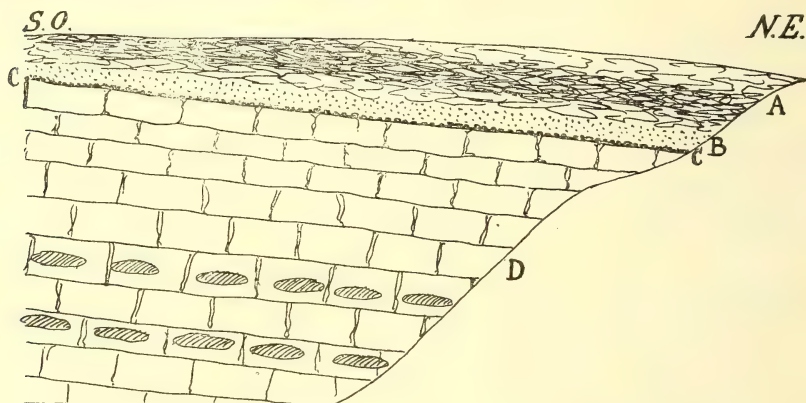


FIG. 11. — COUPE PRISE DANS L'ANCIENNE EXPLOITATION DU TUFFEAU MONTIEN A CIPLY.

- | | |
|--|--------------------|
| A. Sable un peu argileux, à gros grains de glauconie, durci, surtout vers le bas, en grès tendre fendillé. Nous y reconnaissons le facies dit « Tuffeau d'Angres ». Cette couche est fossilifère et renferme des empreintes de coquilles du Landenien inférieur marin. C'est le terme moyen du Landenien <i>L1c</i> | 3 ^m ,00 |
| B. Sable jaunâtre, altéré, <i>L1b</i> | 0,40 |
| C. Gravier base du Landenien, <i>L1a</i> , constitué en majeure partie de galets noirs de phtanite houiller, avec quelques cailloux très roulés de silix. | 0,05 |
| D. Tuffeau dit « de Ciply », actuellement classé dans le Montien, formé d'un calcaire grenu, grossier, stratifié en gros bancs assez réguliers, de dureté médiocre, traversé horizontalement de gros rognons lenticulaires de silix gris pâle, à texture grossière. On y rencontre des lits de petits organismes roulés, avec empreintes de coquilles marines caractéristiques du Montien; visible sur | 10,00 |

En effet, à gauche du chemin de Bavai s'ouvre une vaste excavation dans laquelle se voit la coupe représentée figure 11.

M. Rutot dit que nous aurons sous les yeux un excellent contact du Landenien inférieur marin, très bien caractérisé, sur le Montien, dont la surface a été littéralement rabotée lors de l'arrivée de la mer landenienne, rabotage rendu encore plus sensible par la présence du gravier de base du Landenien, formé ici de roches étrangères aux environs immédiats et notamment de galets de phtanite noir, houiller.

La pente générale des terrains du Sud vers le Nord est ici très visible, surtout lorsqu'on recule de manière à embrasser d'un coup d'œil l'ensemble de la coupe.

La grande excavation dans laquelle nous nous trouvons a été creusée il y a environ deux cents ans, pour l'extraction de pierres destinées aux fortifications de la ville de Mons.

La masse du « tuffeau de Ciply », dont MM. Cornet et Briart avaient constitué le type du Crétacé supérieur ou Maestrichtien du bassin de Mons, est homogène, d'un blanc jaunâtre, et elle est traversée de gros rognons lenticulaires de silex gris pâle.

A la suite d'études prolongées de M. A. Rutot, ce géologue, avec la collaboration de M. E. Van den Broeck, a reconnu et démontré d'une manière définitive (1) que le tuffeau de Ciply est caractérisé par la présence d'une faune identique à celle du calcaire grossier de Mons, celui-ci ayant été pris comme type de l'*étage montien*, classé tout à la base de l'Éocène inférieur et faisant ainsi partie intégrante du Tertiaire.

De cette constatation paléontologique et d'une autre, stratigraphique, plus importante encore et qui consiste, ainsi que nous le verrons ci-après, dans l'existence de la superposition par gravier et ravinement du tuffeau de Ciply à un autre tuffeau à faune nettement crétacée, il s'ensuit que le tuffeau de Ciply doit être synchronisé avec le calcaire de Mons et devient par conséquent d'âge montien.

L'erreur de F.-L. Cornet et de A. Briart provenait de ce qu'en l'absence de bonnes coupes, ils avaient confondu les deux tuffeaux en un

(1). A. RUTOT et E. VAN DEN BROECK, *Observations nouvelles sur le tuffeau de Ciply et sur le Crétacé supérieur du Hainaut*. (ANNALES DE LA SOC. DE GÉOL. DE BELGIQUE (Liège), t. XII et XIII, 1885-1886.)

A. RUTOT, *Essai de synchronisme des couches maestrichtiennes et sénoniennes de Belgique, du Limbourg hollandais et des environs d'Aix-la-Chapelle*, avec annexe : *Montien et Maestrichtien*. (BULL. SOC. DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. VIII, 1894.)

seul et que le tuffeau crétacé, pour lequel le nom de tuffeau de Saint-Symphorien a été proposé par MM. A. Rutot et E. Van den Broeck, étant généralement très fossilifère et caractérisé par une faune nettement crétacée, tandis que le tuffeau montien est souvent pauvre en fossiles, la faune crétacée avait été attribuée à tout l'ensemble.

IV. — *Grandes exploitations de craie phosphatée à Ciply.*

Nous quittons l'excavation si intéressante, montrant le type du tuffeau de Ciply, et nous nous dirigeons immédiatement vers le village de ce nom.

Au moment où nous touchons l'extrémité Sud du village, M. J. Cornet nous fait part d'une remarque fort intéressante.

Vers 1886, au plus fort de la discussion relative à l'âge du tuffeau de Ciply notre confrère M. Pergens, spécialiste en Bryozoaires, était allé à Ciply, recueillir des matériaux à l'effet de voir si l'étude des documents pouvait éclairer le débat.

Il avait été remarqué que, dans ce que l'on appelait le « tuffeau de Ciply », il existait, à divers niveaux, de petits lits d'organismes plus ou moins roulés, parmi lesquels on reconnaissait beaucoup de Bryozoaires.

Dans un chemin creux, à l'extrémité Sud du village, se voyait un affleurement de tuffeau, qui semblait être le prolongement direct du tuffeau type, renfermant un lit à organismes riche et favorable à l'étude.

A cette époque, personne n'aurait pu établir que ce lit à organismes ne se trouvait pas en plein dans le tuffeau de Ciply.

Or, l'étude et la détermination des organismes, par M. Pergens, conduisirent à démontrer qu'il était presque uniquement composé de formes crétacées.

Démontrant de notre côté que le tuffeau de Ciply renfermait la faune du calcaire de Mons, nous en étions arrivés à admettre que la majorité des organismes inférieurs crétacés avaient encore pu vivre dans le Montien, à moins qu'ils ne fussent des éléments remaniés à des couches crétacées sous-jacentes.

Assez récemment, des travaux ont été effectués dans le chemin creux, et ces travaux ont montré que le lit à organismes, au lieu de se trouver dans le tuffeau de Ciply, se trouvait *en dessous de la base* de celui-ci, dans le tuffeau de Saint-Symphorien, qui est d'âge crétacé indiscutable. Une petite faille avait rompu la continuité des couches.

Voici donc le Montien débarrassé du coup de toute sa faunule d'organismes inférieurs crétacés.

A l'extrémité Sud de Ciply, nous avons jeté un coup d'œil sur ce qui reste de l'ancienne exploitation de phosphate de chaux de M. Passelecq.

La figure 12 montre la coupe que l'on pouvait observer vers 1885 dans cette carrière.

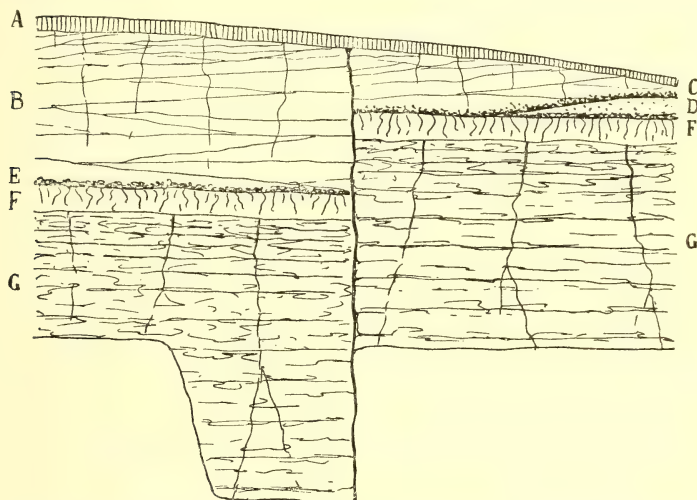


FIG. 12. — COUPE DE L'ANCIENNE EXPLOITATION DE CRAIE PHOSPHATÉE DE M. PASSELECQ, A CIPLY, PRISE EN 1885.

A. Humus végétal.	0 ^m ,30
B. Tuffeau de Ciply, régulièrement stratifié, peu fossilifère.	0 ^m ,00 à 4,00
C. Tuffeau plus ou moins durci en grès tendre, avec lits de galets de craie durcie formant poudingue à la base. Dans les parties durcies, la base du tuffeau de Ciply était pétrie d'empreintes de fossiles, Gastropodes et Lamellibranches, déjà rencontrés dans le calcaire grossier de Mons.	0,40
D. Tuffeau caverneux rempli de petits organismes crétacés, faibles restes d'un lambeau du tuffeau de Saint-Symphorien échappé à la dénudation montienne. . .	0,30
E. Lit de galets de craie durcie, base du tuffeau crétacé. .	0,10
F. Partie supérieure fortement durcie de la craie phosphatée et perforée de grosses tubulations tortueuses. .	0,60
G. Craie brune phosphatée normale, exploitée sur	7,50

On pouvait constater, au milieu de l'exploitation, une faille avec rejet de 2 mètres, que nous retrouvons plus loin.

De nos jours, le tuffeau de Ciply, jusque près de son poudingue de base, est encore visible ; le reste de l'excavation a été remblayé.

Ces souvenirs évoqués, nous avons descendu le chemin allant rejoindre l'ancienne voie romaine, et, reprenant vers le Nord-Nord-Est, nous avons suivi cette voie.

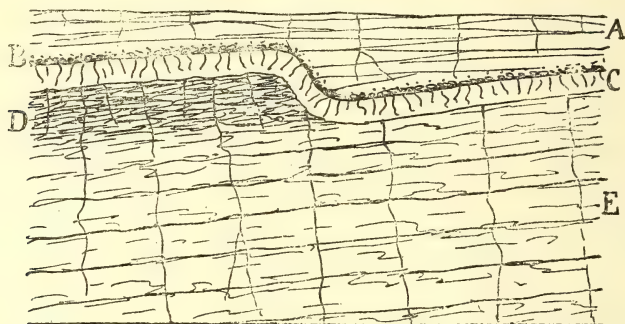


FIG. 13. — COUPE DE L'ANCIENNE EXPLOITATION DESSAILLY, PRISE EN 1884.

A. Tuffeau de Ciply (Montien), en bancs assez tendres.	1 ^m ,60 à 2 ^m ,50
B. Lit de galets de craie durcie.	0,10
C. Banc durci et tout perforé de grosses tubulations tortueuses.	0,50
D. Craie très grossière, verte, glauconifère, avec Thécidées.	1,00
E. Craie phosphatée, brunâtre, exploitée, très fossilifère.	7,00

Nous avons d'abord traversé le ruisseau d'Asquillies et nous avons gravi le chemin creux, sorte de « voie sacrée » pour les géologues, des deux côtés de laquelle s'étendaient de splendides exploitations de craie phosphatée, à peu près abandonnées de nos jours.

Après nous être engagés d'une centaine de mètres dans la montée, M. Cornet nous a fait entrer dans une tranchée profonde conduisant à un tunnel.

Cette tranchée a été précisément creusée à l'endroit où l'on voyait anciennement le prolongement Est de la faille constatée dans l'exploitation Passelecq, mais ici plus importante.

M. Cornet nous montre, sur la paroi Nord, vers le haut, la partie inférieure de la *craie phosphatée* avec une quantité de petits silex irréguliers en lits très rapprochés.

Cette craie passe insensiblement vers le bas à la *craie de Spiennes*, blanche, friable, avec lits de gros silex. Au bas de la craie de Spiennes apparaissent des galets de craie durcie alignés le long d'un contact

par ravinement, puis, en dessous, apparaît le sommet durci de la *craie de Nouvelles* à *Magas pumilus*.

C'est un peu plus haut que s'ouvriraient autrefois, à droite et à gauche du chemin, les belles et profondes exploitations de craie phosphatée auxquelles nous croyons utile d'accorder encore un souvenir (1).

A gauche s'ouvrait l'immense exploitation Dessailly. En 1884, j'y ai noté la coupe reproduite par la figure 13 ci-dessus.

La dénivellation visible dans le banc durci *C* s'est transformée plus tard en une faille.

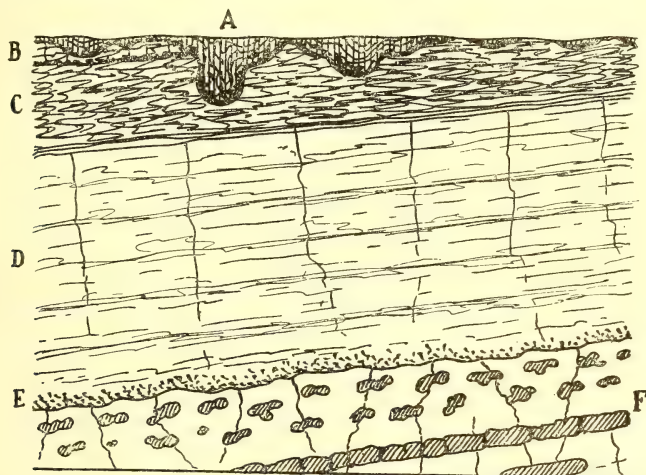


FIG 14. — COUPE PRISE DANS LA CARRIÈRE « D'EN HAUT », A CIPLY, MONTRANT LA PAROI CONCORDANT AVEC LA FAILLE.

- | | |
|---|------|
| A. Limon quaternaire, cailloux et poches d'altération comblées de sable vert foncé landenien. | |
| B. Tuffeau de Ciplý (Montien), avec lit de galets de craie durcie à la base | 0,60 |
| C. Craie brune phosphatée, très fossilifère, en petits lits très fendillés, avec galets roulés, épars. | 1,60 |
| D. Craie brune phosphatée normale, en gros bancs réguliers, très fossilifères, avec silex très irréguliers, épars. | 3,50 |
| E. Lit de galets roulés de craie dans une pâte crayeuse, peu phosphatée | 0,20 |
| F. Craie de Spiennes, assez grossière, blanche, dure, avec silex en rognons épars ou en bancs gris ou bruns, zonés. | 2,50 |

(1) La plupart de ces coupes ont déjà été décrites et figurées en 1885-1886, dans notre travail cité ci-dessus, et qui a paru dans les ANNALES DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE (Liège).

Vers la même époque, à droite et à une centaine de mètres de la voie romaine, s'ouvrait une autre excavation, d'un très haut intérêt, qui a changé quatre ou cinq fois de propriétaire et qui était connue alors sous le nom de « Carrière d'en haut ».

La disposition de cette exploitation était telle que sa paroi Nord concordait précisément avec la faille dont il a déjà été question ; deux autres parois étaient perpendiculaires à la faille et faisaient partie du paquet descendu.

En raison de l'importance de ce qu'on voyait dans cette carrière, je donnerai ci-après (fig. 15) d'abord la coupe visible le long de la paroi de la faille.

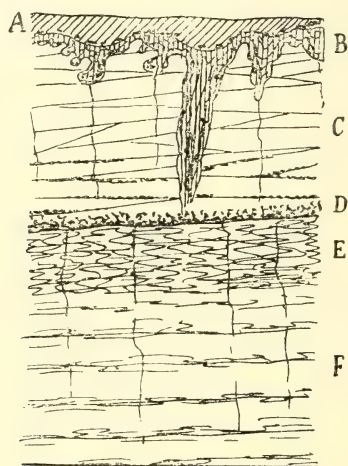


FIG. 15. — COUPE PRISE DANS LA CARRIÈRE « D'EN HAUT », A CIPLY, MONTRANT UNE PAROI PERPENDICULAIRE A LA FAILLE.

- A. Limon quaternaire avec cailloux à la base.
- B. Poches d'altération plus ou moins profondes, remplies de sable vert landenien et de cailloux.
- C. Tuffeau de Ciply (Montien), devenant graveleux en descendant, avec lits d'organismes roulés. 3^m,50
- D. Poudingue de galets de craie durcie, avec ciment calcaire à pâte dure, pétri d'empreintes de coquilles appartenant à la faune marine montienne 0.50 à 1,00
- E. Craie grossière, verte, glauconifère, sommet de la craie brune phosphatée, un peu durcie à la partie supérieure. 1,00
- F. Craie brune phosphatée normale, exploitée, visible sur. 4,00

Bien que nous soyons ici à proximité d'un point où le passage insensible de la Craie phosphatée à la craie de Spiennes a pu être constaté, le même contact, dans la carrière « d'en haut », se produit par ravinement.

C'est certainement une exception, un accident local dû à la situation littorale des dépôts. La règle est la transition insensible; toutefois, vers Cuesmes, où on se trouve sur le littoral, la craie de Spiennes est absente et la craie phosphatée repose directement sur la craie de Nouvelles ou craie à *Magas pumilus* par ravinement et épais gravier de galets de craie durcie, connue sous le nom de poudingue de Cuesmes.

La craie phosphatée représente donc une faible transgression du rivage de la mer crétacée tout à la fin de l'époque sénonienne.

La figure 15 nous montre la plus intéressante de l'une des parois perpendiculaires à la faille.

Cette paroi est surtout importante parce que, avec la carrière Passelecq, ci-dessus figurée, elle a fourni les éléments de la *faune du poudingue de base du tuffeau de Ciply*.

Comme nous l'avons dit, c'est le ciment calcaire qui a moulé les éléments de la faune, de manière à nous en fournir de très bonnes empreintes.

Cette faune, existant dès le début du dépôt du tuffeau de Ciply, était très importante à connaître pour la détermination de l'âge de cette roche.

M. Rutot a donc recueilli quelques milliers de kilogrammes de poudingue fossilifère, tant à la carrière Passelecq qu'à la carrière « d'en haut », et il a pu ainsi dresser la liste suivante, comprenant aussi les quelques espèces recueillies en place dans la masse du tuffeau de Ciply et dans son facies latéral dit « calcaire de Cuesmes à grands Cérithes ».

**Liste des Céphalopodes et des Gastropodes ⁽¹⁾ du tuffeau
de Ciply et de son poudingue de base.**

NOMS DES ESPÈCES.	Poudingue de base.	Calcaire de Guesmes.	Tuffeau de Ciply.
Céphalopodes.			
<i>Nautilus danicus</i> ? Mort	—		
— <i>Lehardyi</i> Binkh.	—		—
— <i>vastus</i> ? Kner.	—		
Gastropodes.			
<i>Dentalium montense</i> Br. et C.	—	—	—
— <i>magnum</i> Br. et C.	—	—	—
<i>Acmaea</i> sp.			—
<i>Emarginula</i> sp.	—		
<i>Patella</i> ? sp.	—		
<i>Turbo Bretoni</i> Br. et C.	—		
— sp.	—		
— (<i>Cyclostoma</i>) <i>Mathildiaeformis</i> Br. et C.	—		
— ? sp.	—		
<i>Solariella</i> sp.	—		
<i>Trochus</i> (<i>Tectus</i>) <i>simplici lineatus</i> Br. et C.	—		
<i>Ziziphinus</i> sp.	—		
— sp.	—		
<i>Eutrochus</i> ? sp.	—		
<i>Craspedotus incerta</i> Br. et C.	—		
<i>Neritopsis multicostata</i> Br. et C.	—		
<i>Discohelix</i> sp.	—		
<i>Scalaria formosa</i> Br. et C.	—		

(1) On sait que A. Briart et F.-L. Cornet n'ont décrit et figuré que les Gastropodes de la faune du Calcaire de Mons. Les *Lamellibranches* n'ont jamais été décrits.

NOMS DES ESPÈCES.	Poudingue de base.	Calcaire de Cuesmes.	Tuffeau de Ciply.
<i>Scalaria Tournoueri</i> ? Br. et C.	—		
— <i>Renardi</i> Br. et C.	—		
— <i>Dumonti</i> ? Br. et C.	—		
— ? sp.	—		
<i>Turritella Hannonica</i> Br. et C.	—		
— <i>Alphonsi</i> Br. et C.	—		
— <i>Montense</i> Br. et C.	—	—	—
— <i>Marthe</i> Br. et C.	—		
— <i>patula</i> Br. et C.	—		
<i>Mesalia instabile</i> Br. et C.	—	—	
— <i>multistriata</i> Link	—		
<i>Mathildia</i> sp.	—		
<i>Calyptraea suessoniensis</i> d'Orb.	—	—	
<i>Natica Lavalley</i> Br. et C.	—	—	—
— <i>infundibulum</i> Wat	—		
<i>Amauropsis</i> sp	—		—
— sp	—		
<i>Keilostoma</i> ?	—	—	—
<i>Melania Elisæ</i> Br. et C.	—		
<i>Briartia Velaini</i> ? Mun. Ch.	—		
<i>Cerithium maximum</i> Bink.	—	—	
— <i>Corneti</i> Rutot et V. d. B.	—	—	
— <i>Dejarei</i> Br. et C.	—		—
— <i>Montense</i> Br. et C.	—		—
— <i>unisulcatum</i> (et variétés) Lmk	—		—
— <i>Francisci</i> Br. et C.	—		
— <i>Malaisei</i> Br. et C.	—	—	
— <i>multifilum</i> ? Br. et C.	—		

NOMS DES ESPÈCES.	Poudingue de base.	Calcaire de Cuesmes.	Tuffeau de Cibly.
<i>Cerithium</i> sp.	—	—	
— sp.	—		
— sp.	—		
— sp.	—		—
<i>Aporrahis</i> sp.	—		
<i>Dimorphosoma</i> sp.	—		—
<i>Hippochrenes Houzeaui</i> Br. et C.	—		
<i>Ficula bicarinata</i> Br. et C.	—	—	—
<i>Tritonium curtulum</i> Br. et C.	—		
— <i>Briarti</i> G. Vinc.	—		
— <i>Mariæ</i> ? Br. et C.	—		
— sp.	—		
<i>Buccinum longulum</i> Br. et C.	—		
<i>Pseudoliva canaliculata</i> Br. et C.	—	—	
<i>Fusus Heberti</i> Br. et C.	—		
— <i>Montensis</i> ? Br. et C.	—		
<i>Fusus</i> (5 espèces)	—		
<i>Chrysodomus</i> (4 espèces)	—		
— ? sp.	—		
<i>Hemifusus</i> (3 espèces)	—		
<i>Turbinella reticulata</i> ? Br. et C.	—		
<i>Mitra vicina</i> Br. et C.	—		
— <i>brevis</i> Br. et C.	—		
— <i>Wateleti</i>	—		
— sp.	—		
<i>Volutilithes dilatata</i> Br. et C.	—		
— <i>Mariæ</i> Br. et C.	—	—	
— <i>elevata</i> Br. et C.	—	—	—

NOMS DES ESPÈCES.	Poudingue de base.	Calcaire de Cuesmes.	Tuffeau de Ciply.
<i>Volutilithes</i> (3 espèces).	—		
<i>Cancellaria Duponti</i> ? Br. et C.	—		
— <i>Mourloni</i> Br. et C.	—		
— <i>Crepini</i> ? Br. et C.	—		
— <i>carinata</i> ? Br. et C.	—		
— <i>Malaisei</i> ? Br. et C.	—		
— sp.	—		
<i>Surcula ampla</i> Br. et C.	—		
<i>Pleurotoma Pauli</i> ? Br. et C.	—		
— <i>Malaisei</i> ? Br. et C.	—		
— <i>Dewalquei</i> ? Br. et C.	—		
— sp.	—		
<i>Actæon parisiensis</i> Mell.	—	—	
— (2 espèces).	—		
<i>Scaphander</i> sp.	—		
— ? sp.	—		
<i>Bulla</i> sp.			—

Cette liste signale donc l'existence, dans le facies tuffeau de Ciply, y compris son poudingue de base, de quarante-six espèces de Gastropodes déjà signalées par Briart et Cornet dans le calcaire grossier de Mons type; treize formes qui n'ont pu être assimilées avec toute la certitude désirable à cause de l'état fragmentaire des spécimens et enfin quarante-six formes qui paraissent nouvelles.

Cette proportion d'espèces nouvelles, rien que pour les Gastropodes, ne doit pas nous étonner.

La faune du calcaire de Mons type n'a jamais pu être recueillie que dans les déblais de deux puits, tandis que nous avons eu de grandes quantités de tuffeau de Ciply à notre disposition.

D'autre part, on se rappellera aussi que le calcaire de Mons type

renferme quantité d'espèces d'eau saumâtre ou même d'eau douce, tandis que la faune du tuffeau de Ciply et de son poudingue de base est essentiellement et uniquement marine.

Il s'ensuit que le type du Montien doit être changé; le facies le plus étendu, le plus développé et le seul directement observable, à faune homogène, purement marine, est le tuffeau de Ciply, et c'est lui qui doit devenir le véritable type normal du Montien. Le calcaire de Mons ne peut être considéré que comme un facies littoral et local, à faune hétérogène plus ou moins saumâtre, du Montien.

Dans l'annexe (*Montien et Maestrichtien*) de son travail précité (1), M. Rutot a donné la liste des Gastropodes du niveau le plus élevé du Maestrichtien du Limbourg (couches de Geulhem); cette faune est entièrement différente de celle du Montien. De plus, on sait qu'à part un ou deux Nautilés et quelques rares Échinodermes, le Montien ne renferme aucune forme caractéristique du Crétacé. C'est pour cette raison que les géologues belges rangent le Montien dans le Paléocène, c'est-à-dire à la base du Tertiaire.

De toutes ces belles exploitations de craie phosphatée, il ne reste plus guère que des souvenirs.

Toutefois MM. J. Cornet et Rutot ont pu montrer aux excursionnistes, pour la dernière fois, sans doute, la paroi d'une exploitation actuelle dite « carrière Gailly », très voisine de la carrière « d'en haut », et fournissant pour ainsi dire la synthèse de toutes les observations pouvant éclairer, d'une manière définitive, la question du Montien et du Maestrichtien.

La figure 17 représente la coupe que nous avons pu étudier d'une façon très nette, visible à une centaine de mètres environ au Nord de la carrière « d'en haut ».

Cette coupe est la reproduction de celle que M. Rutot avait longuement étudiée, il y a une quinzaine d'années, à flanc de coteau de la colline de la Malogne, au Sud-Ouest de Ciply, et où un magnifique contact du tuffeau de Ciply avec poudingue très fossilifère à la base, sur le tuffeau maestrichtien ou de Saint-Symphorien, à *Thecidium papillatum* et poudingue fossilifère (*poudingue de la Malogne*), était visible.

M. J. Cornet fournit aux excursionnistes toutes les explications au

(1) A. RUTOT, *Essai de synchronisme des couches maestrichtienne et sénonienne de la Belgique, du Limbourg hollandais et des environs d'Aix-la-Chapelle*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. VIII, 1894.)

sujet de la coupe que nous avons sous les yeux et que l'on peut suivre avec la plus grande facilité.

On s'intéresse tout spécialement au ravinement très net du lambeau de tuffeau maestrichtien par le poudingue de base du tuffeau montien qui le surmonte.

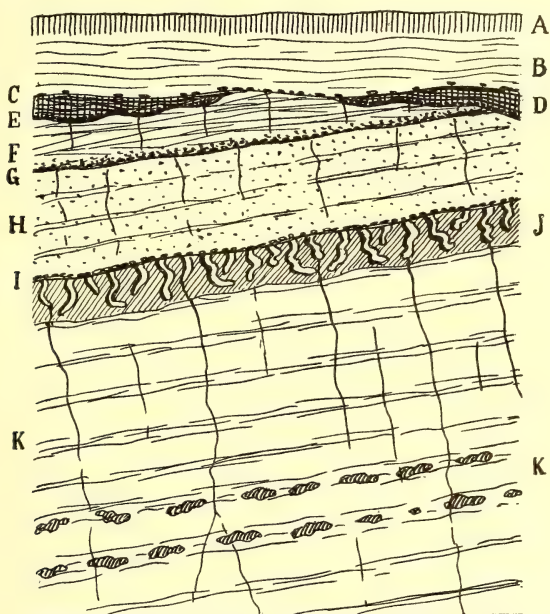


FIG. 16. — COUPE D'UNE EXPLOITATION DE CRAIE PHOSPHATÉE, DITE « CARRIÈRE GAILLY », A CIPLY.

A. Terre à briques	0 ^m ,40
B. Ergeron (<i>Flandrien</i>)	1,00
C. Faible cailloutis à industrie chelléenne et acheuléenne.	
D. Argile caillouteuse, verte, très glauconifère (<i>Moséen</i>) . .	0,40
E. Cailloutis de silex, base du <i>Moséen</i>	0,10
F. Tuffeau de Ciply (<i>Montien</i>), caverneux et fossilifère vers le haut	1,00
G. Poudingue base du Montien.	0,05
H. Tuffeau de Saint-Symphorien (<i>Maestrichtien</i>), massif, assez grossier, peu fossilifère	2,00
I. Poudingue base du Maestrichtien (Poudingue de la Malogne)	0,15
J. Sommet durci et glauconifère de la craie brune phosphatée, perforé de nombreuses tubulations contour-nées	1,00
K. Craie phosphatée, brune, exploitée, avec bancs de silex alignés	10,00

Ici, l'existence réelle des deux tuffeaux distincts, leur superposition et leurs relations stratigraphiques et fauniques sont exposées de la manière la plus précise et la plus catégorique. De plus, on étudie et l'on s'intéresse beaucoup au banc durci constituant le sommet de la craie brune phosphatée, tout percé de gros tubes contournés et ramifiés, de 4 à 5 centimètres de diamètre et parfois de 1 mètre de longueur.

Chacun donne son avis à ce sujet, mais l'origine même est difficile à expliquer. On semble d'accord avec M. G. Dollfus pour ne pas les assimiler à l'action d'animaux marins perforants; on préfère y voir un processus chimique continental, et cette opinion est corroborée par la présence, à l'intérieur des perforations, d'un enduit argileux laissé par la dissolution du calcaire impur.

Du point de la carrière Gaillet où nous nous trouvions, nous pouvions jeter un coup d'œil sur ce qui reste des splendides exploitations qui s'étendaient jusqu'à front de la route de Maubeuge. On peut voir encore d'énormes excavations, profondes d'une vingtaine de mètres, soit abandonnées, soit en partie remblayées. C'est dans l'une de ces carrières, non loin de la route de Maubeuge, qu'a été rencontrée, dans la craie phosphatée, la majeure partie des magnifiques squelettes de grands Mosasauriens qui sont l'un des joyaux du Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles et parmi lesquels brille le gigantesque Hainosaure.

A gauche de la route, au point où la chaussée romaine coupe la route de Maubeuge, M. Rutot a montré ce qui reste des belles coupes de tuffeau de Ciply fossilifère, objet de ses études pendant tant d'années et qui, heureusement, ont été soigneusement notées et décrites.

En ce point, la course de la matinée était terminée.

On se rendit immédiatement à la gare de Hyon-Ciply, d'où le train nous ramena à Mons pour le déjeuner.

Après-midi : Course à Spiennes, Saint-Symphorien et au mont Panisel.

I. Ancienne exploitation Helin, à Spiennes.

Vers 12 h. 50, les excursionnistes ont pris à Mons le tramway vicinal pour Saint-Symphorien (terminus).

A peine débarqués, la pluie s'est mise à tomber, et au lieu de se rendre de suite à l'ancienne exploitation Helin, sur le territoire de

Spiennes, comme on comptait le faire, nous nous sommes mis à couvert pour entendre les explications préliminaires données par M. Rutot.

Ce géologue a attiré l'attention sur la très grande importance de la coupe que nous allions visiter, tant au point de vue de la Géologie quaternaire qu'à celui de la Préhistoire.

La coupe de l'ancienne exploitation Helin et les riches documents qu'elle a fournis sont le phare qui éclaire toute la Préhistoire depuis l'aurore du Quaternaire.

La pluie ayant à peu près cessé, nous nous sommes dirigés vers l'exploitation, abandonnée depuis plusieurs années, aux talus éboulés, mais où la Société de Saint-Gobain, propriétaire actuel des terrains, avait eu l'extrême amabilité de faire exécuter quelques travaux destinés à rafraîchir certains points.

Nous avons étudié assez rapidement ces divers points, qui n'étaient pas toujours facilement abordables, vu qu'il avait fallu creuser profondément dans la masse des éboulis, et M. Rutot a fourni les explications nécessaires.

Sans aborder l'examen de chaque fragment de la coupe, que M. Rutot a pu suivre et explorer pendant plus de quinze ans, après qu'elle l'avait été déjà par MM. Cels, E. Delvaux, de Pauw, Mourlon, E. de Munck, etc., celle-ci peut se résumer de la manière indiquée à la figure 18.

Cette coupe est l'une des plus complètes du Quaternaire que l'on puisse observer en Belgique; en effet, elle montre quatre des divisions sur cinq, et cela grâce à ce qu'elle se trouve à bas niveau.

La Trouille, qui est la rivière voisine, coule à la cote 59, et la partie la plus élevée de la coupe est à la cote 52 environ.

Le premier niveau paléolithique (Acheuléen) se trouve à 5 mètres plus bas, soit à la cote 47, et le niveau à industrie mesvinienne à la cote 45, soit à 6 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux de la Trouille.

Quant au niveau inférieur, à industrie reutelo-mesvinienne, il ne surmonte que de 5 mètres le niveau actuel des eaux.

C'est cette basse altitude relative qui a permis aux dépôts des assises moséenne, campinienne, hesbayenne et flandrienne de venir se superposer sur la basse terrasse.

Quant à la haute terrasse, elle atteint, à 2 kilomètres au Sud, la cote 95; sur cette terrasse supérieure, M. E. de Munck a trouvé, comme dans la vallée de la Lys, l'*industrie reutelienne pure*.

Voici comment M. Rutot groupe les couches quaternaires de l'exploitation Helin :

La terre à briques *A* et le limon sableux très stratifié *B* connu sous

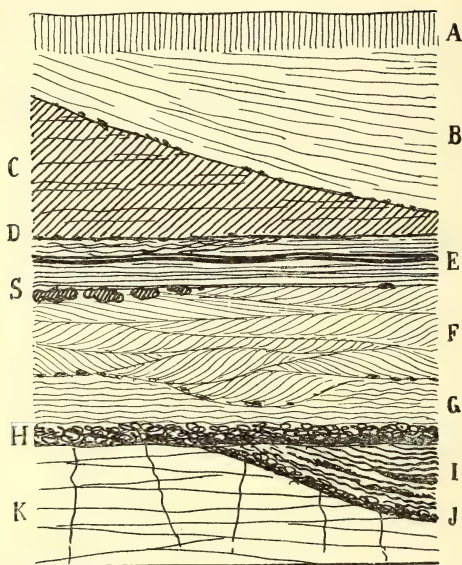


FIG. 17. — COUPE A L'ANCIENNE EXPLOITATION HELIN, AUJOURD'HUI SOCIÉTÉ DE SAINT-GOBAIN, A SPIENNES.

A. Terre à briques argileuse	1m,00
B. Ergeron stratifié, avec faible gravier à la base.	2,00
C. Limon stratifié, grisâtre, hesbayen	1,20
D. Lit de cailloux roulés.	
E. Glaise, ou sable grossier et caillouteux fluvial, recouvrant une ligne noire, tourbeuse, représentant les traces d'un ancien sol. <i>Industrie acheuléenne pure</i> . .	0,50
F. Sables fluviaux à stratification oblique, à <i>industrie chelléenne pure</i> et faune du <i>Mammouth</i>	0,60
G. Sables fluviaux à stratification ondulée, assez régulière, à <i>industrie chelléenne</i> (1)	0,40
H. Important cailloutis de silex à <i>industrie mesvinienne pure</i>	0,40
I. Glaise très glauconifère, vert foncé, provenant du remaniement de la base du Landenien inférieur	0,80
J. Cailloutis de silex noir, à <i>industrie reutelo-mesvinienne pure</i>	0,20
K. Craie brune phosphatée ou tuffeau de Saint-Symphorien (crétacé), selon que l'on se trouve à gauche ou à droite d'une faille verticale n'intéressant que le Crétacé.	

(1) De grandes fouilles, qui ont duré deux mois et qui ont été effectuées après l'excursion, en septembre et octobre 1902, m'ont permis de voir que le niveau G fournit l'industrie de transition entre le Mesvinien et le Chelléen.

le nom d'*ergeron* constituent le *Flandrien*. A la base du Flandrien, nous avons constaté l'existence d'un faible lit de petits fragments de silex concassés.

La couche *C*, de limon brun ou gris argileux, stratifié, est le *limon hesbayen* typique. M. Ladrière, présent à l'excursion, en montre les subdivisions et notamment le « limon fendillé » qui existe sous la base de l'*ergeron*.

Les couches *D*, *E*, *F* et *G* constituent le *Campinien*, tel que le définit M. Rutot à la suite de ses études et non tel qu'il est décrit dans la légende de la Carte géologique au 1/40 000.

Enfin, *H*, *I* et *J* représentent le *Moséen*, tel que l'entend M. Rutot, et non comme le comprend la légende de la Carte géologique au 1/40 000.

Pour être complète, il ne manque à la série que le *Brabantien* (1) ou assise du limon éolien, compris entre le Hesbayen et le Flandrien, et qui ne se rencontre jamais dans la région de Mons.

La coupe, telle que nous la voyons maintenant, n'est qu'un pâle reflet de ce que les observateurs ont pu considérer à loisir pendant une dizaine d'années.

Lors de la pleine exploitation des phosphates, la coupe avait 100 mètres de long, et elle se rattachait par toute une suite d'autres exploitations, dont nous venons de côtoyer les restes, à la série des carrières de Saint-Symphorien jusqu'au Bois d'Havré.

De même, dans la direction opposée, la même coupe était reliée par toute la série d'exploitations au Sud du village de Spiennes, à la grande tranchée d'Harmignies.

Il y avait donc alors une coupe pour ainsi dire continue de 5 kilomètres de longueur, dont M. Rutot a pu noter tous les éléments stratigraphiques.

En même temps, une pléiade de chercheurs s'acharnait à l'exploitation des divers niveaux au point de vue de la Préhistoire, et le nombre des échantillons recueillis est énorme.

Quant à la valeur de ces matériaux, elle est telle que nul autre gisement actuellement connu en n'importe quel pays, ne peut lui être comparé.

L'exploitation Helin fournit, en effet, outre cinq niveaux à industries

(1) M. Rutot a pu montrer à la plupart de ses collègues belges, à la carrière de Thiarmon, à Écaussines, la superposition, bien nette, des trois assises limoneuses : Flandrien, Brabantien et Hesbayen, reposant sur le Moséen, mais sans trace de Campinien.

humaines éolithiques et paléolithiques parfaitement définis, l'industrie néolithique à la surface du sol, cette dernière industrie ayant son âge nettement fixé par sa situation sur la « terre à briques », niveau le plus supérieur de tout le Quaternaire.

M. Rutot est en ce moment en instance auprès de la Compagnie de Saint-Gobain pour pouvoir entreprendre de nouvelles fouilles en ce point d'importance capitale, et il espère recevoir bientôt l'autorisation désirée (1).

Après ces explications, les excursionnistes ont pu se livrer à quelques recherches, notamment dans le niveau à industrie mesvinienne, le plus riche de tous, et de nombreuses pièces de cette industrie ont été recueillies, montrant l'utilisation pure et simple des rognons de silex à la percussion et l'emploi des éclats, les uns naturels, les autres de débitage artificiel, comme racloirs ou grattoirs, avec les séries de retouches d'utilisation fort nettes et destinées à raviver les arêtes tranchantes émoussées par le travail.

A côté de ces éclats utilisés, on en rencontrait quantité d'autres non utilisés et par conséquent non retouchés, ayant conservé leurs bords tranchants tout à fait intacts.

Cette constatation exclut toute idée de production des retouches par les agents naturels.

Enfin, avant de quitter la carrière, M. Rutot a attiré l'attention sur des blocs de silex figurés en *S* dans la figure 17.

Ces gros rognons de silex sont alignés en amas locaux vers le sommet du Campinien, à la limite des sables fluviaux de vive allure d'eau et de la glaise d'eau tranquille.

Toutefois, les eaux vives qui ont déposé les sables sont loin d'avoir pu transporter de tels blocs; aussi M. Rutot y voit-il des blocs apportés de main humaine pendant l'époque chelléenne et emmagasinés pour le débitage. En effet, on trouve à côté des blocs entiers d'autres semblables, en partie ou totalement débités intentionnellement, car tous les éclats portent le bulbe de percussion très nettement indiqué.

Quant aux éclats, ils sont tellement bien ceux qui ont été détachés des nuclei, qu'en les triant et en les recollant à leur place, on a pu reconstituer les rognons primitifs.

(1) Ces fouilles ont pu avoir lieu; elles ont duré deux mois; 1600 mètres cubes de terres ont été déplacés et les recherches entreprises dans chacun des niveaux à industries humaines ont donné d'excellents résultats.

Enfin, avant de quitter la carrière, M. *Dollfus* ayant fait remarquer que des niveaux de gravier se rencontrent et se confondent sur de certaines distances, ce qui peut amener des mélanges d'industries et fausser les conclusions, M. *Rutot* dit que, seuls, le cailloutis inférieur du Moséen à industrie reutelo-mesvinienne et le cailloutis supérieur du Moséen à industrie mesvinienne se confondent parfois, alors que cela n'arrive pas pour les niveaux supérieurs.

Naturellement, les matériaux recueillis dans les cailloutis mélangés sont mis à part, ce qui n'empêche qu'ils se laissent distinguer et trier avec la plus grande facilité.

En effet, presque toutes les industries des divers niveaux ont utilisé des silex de nature fort différente.

C'est ainsi qu'à l'exploitation Helin, l'industrie reutelo-mesvinienne n'a utilisé qu'un silex noir, opaque, à clivage tout à fait spécial, ressemblant beaucoup au phtanite houiller (1), ainsi que des éclats de vrai phtanite, tandis que l'industrie mesvinienne n'a employé que les silex à surface verdie, provenant de la base de Landenien, tous semblables, à pâte brune, criblée de Foraminifères et d'organismes (2).

Enfin, l'industrie chelléenne utilise presque exclusivement des silex à pâte fine et translucide, comme le silex noir de la craie d'Obourg, tandis que les matériaux utilisés lors de l'Acheuléen viennent, en partie, de gisements lointains et inconnus de M. *Rutot*.

A chaque époque, par suite même du recouvrement du silex local par les dépôts moséens et campiniens, les habitants ont dû aller chercher leurs matériaux de plus en plus loin, dans les gisements à altitude suffisamment élevée pour qu'ils n'aient pu être recouverts et cachés sous les sédiments du Quaternaire inférieur.

Ces matériaux d'origine plus ou moins lointaine ont toutefois continué d'être apportés au même endroit, c'est-à-dire à proximité des bords des cours d'eau (ici la Trouille), selon l'une des lois de la Préhistoire découverte par M. *Rutot* et d'application constante pour toutes les industries prélimoniennes, c'est-à-dire antérieures au dépôt du limon hesbayen.

(1) Ce silex provient d'un niveau local qui se rencontre *in situ* vers le sommet de la craie verte phosphatée spéciale à la région de Saint-Symphorien-Havré, mais de même âge que la craie brune phosphatée de Ciply.

(2) Bien que très semblables comme aspect, une faible partie de ces silex semble provenir du tuffeau de Saint-Symphorien, tandis que la majeure partie paraît être d'origine turonienne (Rabots).

II. — *Grandes exploitations de MM. Hardenpont et Maigret à Saint-Symphorien.*

L'heure s'avancant, nous avons quitté l'exploitation Helin, pour nous rendre aux exploitations de M. L. Hardenpont.

En repassant par le chemin déjà suivi, M. Rutot signale la continuité des anciennes excavations, et parmi celles-ci l'ancienne exploitation de M. Houzeau de Lehaie, encore en partie visible.

Sur la grand'route de Binche, près du terminus du tramway, nous rencontrons M. L. Hardenpont, accompagné de M. Decamp, directeur des travaux, à l'entrée des vastes établissements.

L'honorable industriel nous souhaite la bienvenue et, après remerciements de notre part, nous sommes immédiatement conduits vers l'énorme excavation, au Nord-Est du village de Saint-Symphorien et qui mesure 1 kilomètre de longueur sur 15 à 20 mètres de hauteur.

La coupe est admirablement visible sur tout le front d'abatage.

Cette exploitation est ouverte depuis une dizaine d'années, et par l'effet de l'avancement des travaux, la coupe, qui était primitivement à quelques centaines de mètres vers l'Est, a progressivement reculé d'autant vers l'Ouest.

Aussi, à chaque visite que l'on fait à la carrière de M. L. Hardenpont, constate-t-on des modifications que nous avons cherché à rendre sensibles en donnant ici la coupe (fig. 18), non selon le front d'abatage, mais perpendiculairement à ce front.

La figure de la coupe montre trois lignes verticales, qui correspondent aux fronts d'abatage des années inscrites au sommet.

Au commencement, on voyait donc les couches *B* et *C*, qui représentent le *Flandrien*, bien développées, sur 4 mètres environ.

Au-dessous, le *Moséen E* se présentait sur 1 mètre d'épaisseur; puis s'étendait le Landenien inférieur *in situ*, *G*, avec son important cailloutis de silex verdis, *H*, à la base.

Sous le cailloutis se développait la craie phosphatée gris verdâtre, avec ses bancs de silex, exploitée sur 10 à 15 mètres.

Vers 1899, le *Flandrien* avait diminué d'épaisseur, tandis que le *Moséen* avait augmenté. Le Landenien inférieur gardait toujours la même épaisseur moyenne de 1 mètre et, vers le milieu du front d'abatage, apparaissait, sous forme de lentille, le tuffeau de Saint-Symphorien, intercalé entre la base du Landenien et la craie phosphatée.

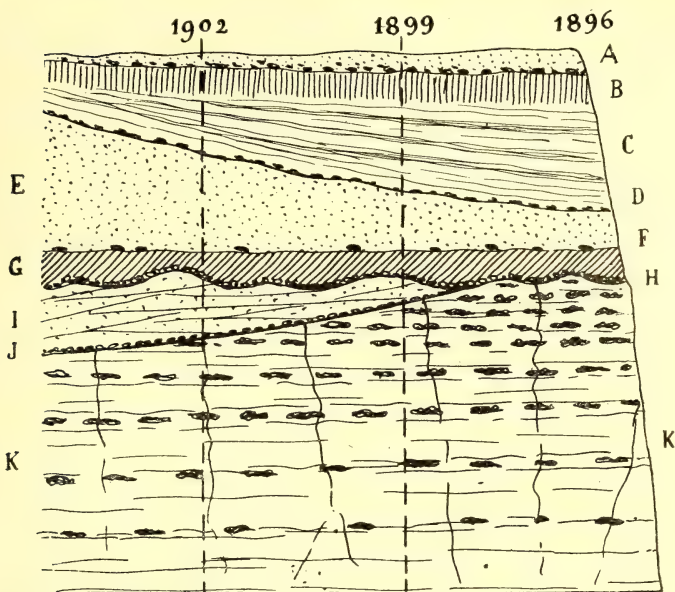


FIG. 48. — COUPE TRANSVERSALE DE L'EXPLOITATION DE CRAIE PHOSPHATÉE DE MM. L. HARDENPONT ET MAIGRET, A SAINT-SYMPHORIEN.

- | | |
|--|---------------------------|
| A. Sable éolien moderne, parfois un peu agglutiné et recouvrant un gisement de silex néolithiques de tout premier ordre | 0 ^m ,40 |
| B. Terre à briques sableuse | 0 ^m ,50 à 2,50 |
| C. Ergeron très stratifié, bien caractérisé | 1,00 à 2,50 |
| D. Cailloutis en grande partie formé d'éclats de silex anguleux d'origines très diverses et renfermant, mélangées, les industries : mesvinienne, chelléenne et acheuléenne | 0,10 |
| E. Sable fin, vert, homogène, constitué par du sable landenien remanié (Moséen) | 1 ^m ,00 à 4,00 |
| F. Faible lit caillouteux, renfermant des rognons de silex noir opaque, à clivage très spécial et à industrie <i>reutelo-mesvinienne</i> pure | 0,05 |
| G. Sable vert-noir, très glauconifère, argileux, Landenien inférieur | 1,00 |
| H. Cailloutis de rognons de silex verdiss, base du Landenien | 0,20 |
| I. Tuffeau crétacé de Saint-Symphorien (Maestrichtien) | 0 ^m ,00 à 3,00 |
| J. Poudingue de galets roulés de craie durcie, base du Maestrichtien (Poudingue de Malogne) | 0,20 |
| K. Craie phosphatée de couleur gris verdâtre, avec nombreux lits de silex de formes irrégulières, gris ou gris-brun, visible sur | 10,00 |

Enfin, en 1902, lors de notre visite, le Flandrien était réduit à 1^m,50 d'épaisseur, le Moséen avait 4 mètres d'épaisseur, le Landenien, toujours 1 mètre en moyenne, et le tuffeau de Saint-Symphorien, visible sur presque toute l'étendue du front d'abatage, se montrait épais d'environ 2 mètres.

M. J. Cornet fournit aux excursionnistes tous les renseignements détaillés concernant le Crétacé; il montre la composition de la masse de craie phosphatée et il fait remarquer la couleur de celle-ci, si différente de celle que nous avons vue à Ciply.

M. J. Cornet, avec l'adhésion de toutes les personnes compétentes, explique qu'à Saint-Symphorien-Havré, la craie phosphatée, sommet du Sénonien, présente sa vraie teinte normale, tandis que dans la région de Ciply, la teinte est celle de la masse altérée.

En effet, vers Ciply, la craie phosphatée affleure souvent sous quelques mètres de couches quaternaires assez perméables, et comme le niveau phréatique de la nappe aquifère se trouve à assez grande profondeur, toute la masse de craie phosphatée a subi l'effet de l'infiltration lente des eaux superficielles, et des oxydations se sont produites, colorant les grains de phosphate de chaux en brun.

Ici, la couche de sable argileux landenien joue le rôle de couche imperméable, que les eaux d'infiltration ne traversent pas, ce qui est nettement visible le long du front d'abatage, où l'on remarque un suintement constant d'eau au contact du Moséen et du Landenien.

La couche de craie phosphatée, mise ainsi à l'abri de l'oxydation, a conservé sa teinte normale.

On étudie ensuite le tuffeau maestrichtien jaune, friable, peu fossilifère, dont la partie supérieure a été durcie (1), ainsi que les éléments du poudingue de base, représentant ici le *poudingue de la Malogne*.

M. Rutot demande alors la permission de fournir les explications relatives à la partie supérieure de la coupe, également très intéressante au point de vue de la Préhistoire.

D'abord, abstraction faite du Landenien inférieur ou marin et de son gravier de base, bien connus maintenant, la partie quaternaire de la coupe est beaucoup plus simple qu'à l'exploitation Helin.

Au lieu d'y rencontrer la succession : Flandrien, Hesbayen, Campinien et Moséen, on n'y constate plus qu'une superposition directe du

(1) On remarque que quelques infiltrations d'eau ont pu atteindre le sommet du tuffeau maestrichtien, car sous la base du Landenien, on remarque de petites poches d'altération remplies de grains de phosphate de chaux, résidu de la dissolution du tuffeau maestrichtien, qui ne renferme toutefois qu'une faible proportion de phosphate.

Flandrien sur Moséen. Les deux termes intermédiaires : Campinien et Hesbayen, font défaut.

Est-ce à dire qu'ils n'ont jamais existé en ce point? M. Rutot penche pour le contraire, car la surface du sol, à l'exploitation Hardenpont, est d'environ 5 mètres inférieure à la cote du sol à l'exploitation Helin, de sorte que nous nous trouvons toujours aux bas niveaux, où nous devons constamment nous attendre à rencontrer les deux termes manquants. M. Rutot est donc d'avis que, primitivement, le Campinien et le Hesbayen existaient ici sur le Moséen, mais que, comme en beaucoup d'endroits, sur les points bas, l'ergeron, que l'on voit posséder une allure très ravinante, les a dénudés.

Ce qui tend à prouver l'exactitude de cette manière de voir, c'est qu'il a existé un moment où l'une des exploitations isolées voisines existant près de la bordure du Bois d'Havré, vers les Champs Élysées, a montré une coupe semblable, avec un lambeau de limon hesbayen conservé entre le Moséen et le Flandrien (1).

Le Campinien existant sur le Moséen, le cailloutis supérieur du Moséen renfermait donc, comme chez Helin, l'industrie mesvinienne, l'intérieur du Campinien renfermait l'industrie chelléenne et le cailloutis supérieur du Campinien contenait l'industrie acheuléenne.

Le tout était surmonté de limon hesbayen. Or, depuis, le Flandrien est venu opérer ses ravages habituels; le Hesbayen et le Campinien ont été entièrement délavés et leurs éléments fins dispersés. (On voit très bien des traces du sable campinien remanié à la base du Flandrien.)

Mais les éléments lourds, c'est-à-dire les restes des industries humaines, primitivement distribués en lits distincts, se sont mélangés complètement dans un nouveau cailloutis à la base du Flandrien, et c'est ce qui explique l'assemblage de pièces mesviniennes, chelléennes et acheuléennes constaté dans le même cailloutis.

Toutefois, la plupart des pièces de ces diverses industries sont tellement bien caractérisées, qu'un œil exercé n'a aucune peine à diriger le triage.

Si le gravier qui se trouve à la base du Flandrien renferme un mélange de trois industries, au contraire, le gravier base du Moséen, toujours parfaitement isolé, renferme l'industrie reutelo-mesvinienne pure.

(1) La même disposition existe à l'exploitation Helin. En effet, le limon hesbayen ne se voit que vers le Sud de l'exploitation. Vers le Nord, l'Ergeron augmente rapidement d'épaisseur et il vient reposer alors directement sur le Campinien, qu'il ravine plus ou moins profondément. L'industrie acheuléenne paraît alors exister dans le cailloutis de base du Flandrien.

A première vue, les éléments de ce cailloutis sont si rares et si espacés qu'on ne le remarque pas.

Il nous a ainsi échappé pendant longtemps et ce sont les ouvriers qui l'ont fait remarquer à M. E. de Munck, qui suit attentivement tous les travaux et ne laisse rien échapper.

Dès qu'il eut connaissance de l'existence de ce cailloutis qui sépare ainsi nettement le Moséen du Landenien. M. de Munck fit mettre à part tous les cailloux rencontrés à ce niveau, et c'est ainsi qu'il a pu réunir la magnifique série d'instruments de l'industrie reutelo-mesvinienne qui se trouve au Musée de Bruxelles.

A ce sujet, M. Rutot fait remarquer la nature du Moséen.

C'est du sable landenien presque pur, remanié et déposé par des eaux tranquilles dans une sorte d'expansion lacustre latérale.

Le fait se comprend aisément à l'inspection de la carte topographique au $1/20\,000$.

On voit, en effet, que la Trouille, qui arrive de Spiennes, c'est-à-dire du Sud vers le Nord, tourne vers Hyon et Mons, c'est-à-dire vers l'Ouest.

En face de ce coude s'ouvre vers le Nord-Est une vaste dépression de 3 à 4 kilomètres de longueur, entièrement fermée et ne s'ouvrant vers la Trouille que par un étroit goulot entre Spiennes et Saint-Symphorien. C'est dans cette dépression que s'est déposé ce facies tout spécial du Moséen, à allure tout à fait tranquille, alors que partout ailleurs les dépôts indiquent un courant assez rapide.

M. G. Dollfus a peine à admettre que le sable vert *E* (fig. 18) soit remanié; il ne peut le considérer comme quaternaire, et il met en doute la taille intentionnelle des silex qui y ont été découverts.

M. A. Rutot admet d'autant plus les hésitations de M. G. Dollfus qu'il a commencé lui-même par croire le sable vert *E* landenien; ce n'est qu'une étude prolongée qui l'a conduit vers un avis définitif contraire.

Quant aux silex utilisés, d'industrie reutelo-mesvinienne pure, ils ont été admis sans discussion par tous les spécialistes belges et étrangers qui les ont étudiés au Musée de Bruxelles.

Pour terminer, M. Rutot fait encore remarquer qu'au-dessus de la terre à briques du Flandrien, terme le plus supérieur existant du Quaternaire, il existe encore une couche *A* (fig. 18), de 0^m,40 à 1 mètre d'épaisseur. L'examen de cette couche montre qu'elle est d'origine éolienne et qu'elle fait partie d'un système de dunes se développant vers le Nord.

Cette couche sableuse, parfois durcie vers le bas, recouvre un gise-

ment de silex néolithique de la pierre polie de tout premier ordre comme importance.

Plus de 10,000 pièces : percuteurs, nuclei, racloirs, grattoirs, haches non polies, haches polies, pointes de flèches, molettes, meules, polissoirs, poteries, etc., ont déjà été recueillies en ce point par M. E. de Munck et déposées au Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles. Ce gisement, ainsi mis à l'abri des remaniements sous la couche de sable éolien, mérite d'être pris, à l'avenir, comme un véritable type de l'industrie contemporaine de la hache polie.

Après la visite de l'exploitation, M. Hardenpont nous a conduits au travers des vastes usines où s'opère l'enrichissement de la craie phosphatée naturelle, en nous fournissant toutes les explications désirables; aussi, avant de quitter ces établissements modèles, M. A. Rutot a-t-il tenu à remercier encore M. L. Hardenpont de son extrême bienveillance. Il a rappelé combien les géologues étaient toujours reçus avec sympathie dans les exploitations, où ils ont tant à apprendre, et sont aidés efficacement dans leurs observations.

Un dernier verre de champagne a été vidé à l'union toujours plus intime de l'Industrie et de la Science, et nous avons quitté les établissements de M. Hardenpont en appréciant hautement combien cette union est désirable et féconde.

III. — *Course au mont Panisel.*

Bien que l'heure fût déjà avancée, la course au mont Panisel, qui figurait au programme, a été décidée.

En nous dirigeant droit vers l'Ouest, nous avons traversé le village de Saint-Symphorien et nous avons gravi les flancs du mont Panisel de manière à atteindre aussi directement que possible le chemin Nord-Sud qui longe le mont vers l'Ouest.

Le temps nous a empêchés de nous rendre au sommet à l'extrême Sud.

M. Rutot dit qu'en ce point, cote 105 environ, nous aurions pu voir un contact du Panisélien sur l'Ypresien.

Ce contact montre un sable argileux glauconifère, épais de 1 à 2 mètres, reposant sur le sable fin d'émersion de l'Ypresien, avec lits de *Nummulites planulata*, et visible tout le long du chemin creux en pente rapide qui descend vers le Sud.

Pour voir la partie supérieure du Panisélien, nous devons descendre le chemin se dirigeant vers le Nord.

M. J. Cornet explique comment est possible cette étrange disposition.

C'est là le trait caractéristique de la tectonique de la vallée de la Haine.

Sur la rive Sud, toutes les couches plongent assez rapidement vers le Nord, et sur la rive Nord, elles plongent vers le Sud. Le fond de la vallée correspond donc à un pli synclinal.

Ici, la pente des terrains est un peu moins forte que la pente du sol, de sorte qu'à mi-hauteur, on rencontre, très bien visible dans le talus du chemin, la partie supérieure du Panisélien, c'est-à-dire le sable d'émergence (*P1d*), traversé par des bancs de véritable quartzite à cassure lustrée, fossilifères. Le fossile le plus abondant est *Pinna margaritacea*, dont chacun prend un échantillon.

M. Rutot aurait voulu faire obliquer vers l'Ouest, de manière à descendre un chemin creux très encaissé montrant le terme moyen argileux *P1c* criblé de fossiles, mais les pluies avaient transformé le chemin en un borbier inabordable.

Force nous a été de rentrer à Mons sans avoir pu étudier l'étage panisélien en son point typique, comme il eût été désirable.

Du reste, a ajouté M. Rutot, il est arrivé pour le Panisélien ce qui est arrivé plus tard au Montien.

Lorsqu'un géologue rencontre pour la première fois des couches qu'il croit nouvelles, il en fait généralement un *type* auquel il cherche à raccorder les couches de même âge qu'il observe dans la suite.

Or, la malchance veut que, assez souvent, le point où la première observation s'effectue ne représente nullement la normale de l'ensemble. On tombe sur des points ou sur des facies particuliers ou locaux.

Pour ce qui concerne l'étage panisélien, ce n'est certes pas au mont Panisel qu'il y avait lieu d'aller chercher le type. C'est un point littoral où l'ensemble est mal développé et où certains termes essentiels font défaut.

Pour le Panisélien, il eût été préférable d'en aller chercher le type dans les Flandres, où il est très bien développé et où il montre toutes les composantes de son cycle sédimentaire et ses deux assises superposées.

Mais M. Rutot est d'avis que pour dénommer un étage, un nom en vaut un autre dès que le principe est saisi, et comme il n'y a pas erreur et que les couches du mont Panisel sont bien paniséliennes, il croit préférable de respecter le nom que leur a donné André Dumont, et c'est ainsi que, personnellement, il compte continuer à agir.

La course de la journée étant terminée, nous sommes rentrés à Mons.

TROISIÈME JOURNÉE. — MARDI 26 AOÛT.

Matinée : Course aux environs de Tournai.I. — *Visite de la carrière Broquet.*

Partis de Mons à 7 h. 54 du matin, nous sommes arrivés à Vaulx lez-Tournai vers 9 heures.

De la gare, nous nous sommes dirigés vers le Sud-Ouest, nous avons traversé l'Escaut et, parvenus sur la rive gauche, nous avons pénétré, presque immédiatement après, dans la grande carrière Broquet, située sur le territoire de Chercq, où l'on exploite le calcaire carbonifère.

L'aspect de cette immense carrière est véritablement imposant et magnifique, et le calcaire carbonifère est recouvert par des couches qui doivent nous intéresser.

La coupe visible dans la carrière peut se représenter comme l'indique la figure 19.

M. *Rutot* donne quelques explications relatives aux couches supérieures.

Les couches quaternaires ne sont guère abordables. Elles montrent une superposition de limon, probablement hesbayen, sur des cailloutis stratifiés avec sables que leur situation indique comme Moséen.

En effet, le niveau de l'Escaut étant à la cote 15 environ, la cailloutis se trouve à la cote 40, soit 25 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux dans la vallée. Or, on remarquera que les cotes vont en montant rapidement de 15 à 40, puis s'étend la terrasse moyenne.

Le cailloutis se trouvant donc à la base du Quaternaire de la terrasse moyenne est par conséquent situé à la base du Moséen.

Le même cailloutis, facilement abordable en d'autres carrières voisines, nous a fourni des instruments de l'industrie éolithique reute-lienne.

C'est l'étage landenien qui se développe sous le Quaternaire, sur 10 à 15 mètres de hauteur.

La masse visible se compose, vers le haut, du sable d'émersion *Lld*, glauconifère, beaucoup moins épais qu'on le constate ailleurs, ainsi qu'on peut s'en convaincre au mont Saint-Aubert, au Nord de Tournai.

Là, sur les pentes, vers Kain, on peut observer des contacts de l'argile ypresienne sur le sable d'émersion *Lld*, sans la moindre trace

de Landenien supérieur, vu que nous sommes ici en dehors de la zone influencée par les cours d'eau débouchant le long du rivage Est.

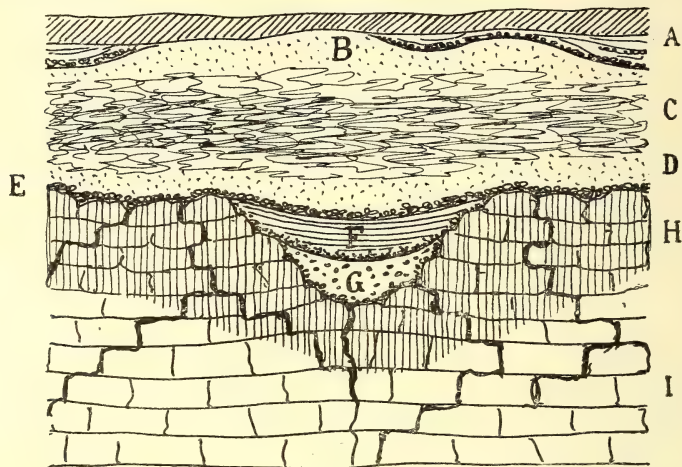


FIG. 19. — COUPE PRISE DANS LA CARRIÈRE BROQUET, A CHERCQ.

A. Limon et cailloux quaternaires	4 ^m ,00 à 2,00
B. Sable vert, fin (<i>Ltd</i>)	5,00
C. Sable vert, glauconifère, légèrement argileux et durci en grès tendre, parfois très fossilifère (<i>Ltc</i>)	10,00
D. Sable glauconifère (<i>Ltb</i>)	1,00
E. Cailloutis de silex et de roches diverses, avec cailloux roulés, le tout à surface verdie, base du Landenien (<i>Lta</i>).	3,00
F. Marne à <i>Terebratulina gracilis</i> (Turonien), avec lit de galets de phtanite à la base	4,00
G. Tourtia de Tournai (Cénomaniens). Poudingue à cailloux roulés avec ciment calcaire	4,00
H. Calcaire carbonifère décomposé, transformé en une sorte de roche argileuse gris foncé, tendre	2,00 à 3,00
I. Calcaire carbonifère exploité.	

Sous le sable d'émersion se montre un sable un peu argileux, très glauconifère, agglutiné en grès tendre et qui a reçu le nom, assurément fort impropre, de tuffeau de Chercq. Cette roche, qui rappelle beaucoup le tuffeau de La Fère et qui est du même âge, est fossilifère.

Le Musée de Bruxelles possède une très belle collection de fossiles du tuffeau de Chercq; voici la liste des Mollusques recueillis dans

les diverses carrières de Chercq et de Calonnes par notre confrère M. Ad. Piret, de Tournai :

GASTROPODES.

<i>Murex</i> sp?	<i>Voluta Pireti</i> G. Vinc.
<i>Triton</i> sp?	<i>Natica infundibulum</i> ? Wat.
<i>Pyrula intermedia</i> Mellev.	— sp.
<i>Fusus tornacensis</i> G. Vinc.	<i>Orthochetus Charlesworthi</i> Prestw.
— <i>dentatus</i> G. Vinc.	<i>Chenopus</i> sp?
— <i>quadricinctus</i> G. Vinc.	— sp?
— sp., nov.	<i>Turritella compta</i> Desh.
<i>Siphonalia landinensis</i> G. Vinc.	<i>Scalaria Bowerbanki</i> Morr.
— <i>Colbeaui</i> G. Vinc.	<i>Solarium landinense</i> G. Vinc.
<i>Pleurotoma Balstoni</i> G. Vinc.	<i>Pleurotomaria landinensis</i> G. Vinc.
— <i>Corneti</i> ? G. Vinc.	<i>Calyptræa Suessoniensis</i> d'Orb.
— <i>Dewalquei</i> G. Vinc.	<i>Dentalium landinense</i> G. Vinc.
— sp.	<i>Atys cincta</i> Desh.
— sp.	<i>Emarginula</i> sp?

LAMELLIBRANCHES.

<i>Ostrea eversa</i> d'Orb.	<i>Cardium Dewalquei</i> E. Vinc.
— sp?	<i>Lucina</i> sp?
<i>Chlamys brevaurita</i> Desh.	<i>Chama</i> sp?
<i>Radula</i> sp.	<i>Astarte inæquilatera</i> Nyst.
<i>Lima tornacensis</i> E. Vinc.	<i>Meretrix proxima</i> Desh.
<i>Pinna affinis</i> J. Sow.	<i>Cypriniadæa scutellaria</i> Link.
<i>Modiola tornacensis</i> E. Vinc.	<i>Tellina tornacensis</i> E. Vinc.
— <i>heersensis</i> E. Vinc.	<i>Thracia oblata</i> J. Sow.
— sp.	<i>Pholadomya margaritacea</i> J. Sow.
<i>Arca Honi</i> Nyst.	<i>Panopæa remensis</i> Mellev.
— <i>Limburgi</i> E. Vinc.	<i>Eutylus cuneatus</i> J. Sow.
<i>Cucullæa crassatina</i> Link.	<i>Teredo landinensis</i> G. Vinc.
<i>Nuculana substriata</i> Morr.	

Vers le bas, le Landenien redevient plus sableux (*L1b*), et bientôt apparaît le cailloutis base du Landenien (*L1a*), très bien représenté.

Ce cailloutis, épais parfois de 0^m,30, renferme des éléments très hétérogènes repris aux couches crétacées et primaires dénudées sous-jacentes.

Tous les cailloux, silex, phtanites et autres roches ont la croûte extérieure teintée en vert, comme le sont généralement tous les éléments de la base du Landenien, et ce cailloutis renferme, de plus, des fossiles remaniés et particulièrement un assez grand nombre de dents et de restes de poissons dérivant des couches turoniennes.

Sur la presque totalité de l'étendue de la carrière, le gravier de base du Landenien repose directement sur le calcaire carbonifère.

M. *Pellat*, au cours de l'excursion, dit avoir déjà remarqué la teinte verte des cailloux de la base du Landenien.

Il rappelle qu'il a, dans ses travaux, signalé qu'en France, des galets à patine verte existent en tous les points où les assises miocènes, se dépassant dans le mouvement de transgression, viennent finir contre des terrains plus anciens émergés lors de leur dépôt.

Fontannes ne citait qu'un conglomérat à galets verts dans le bassin du Rhône; M. *Pellat* a reconnu qu'il existe de ces conglomérats ou des galets verts isolés à divers niveaux.

M. *J. Cornet* indique aux membres de l'excursion un point de la carrière où des observations complémentaires peuvent être faites.

Nous nous y rendons, et, dans une anfractuosité du calcaire formant poche, notre confrère nous montre, sous le gravier de base du Landenien, une marne blanchâtre terminée au bas par un cailloutis de galets de phthanite, avec fossiles nombreux, et notamment des débris et des coprolithes de poissons. C'est là un faible lambeau de marne turonienne dite « marne à *Terebratulina gracilis* ».

En dessous s'aperçoit une sorte de poudingue à éléments roulés, largement dispersés dans un ciment calcaire jaune.

C'est le « Tourtia de Tournai », appartenant au Cénomanién.

Ce Tourtia, caractérisé par la *Terebratula depressa* (*T. Nerriensis*), a fourni une faune de mollusques riche et variée, comme celle de son correspondant du bassin de Mons : le « Tourtia de Montignies-sur-Roc ».

La poche renfermant le lambeau crétacé est comprise dans une roche grise singulière paraissant tout d'abord bien difficile à définir. C'est une altération sur place, profonde, du Calcaire carbonifère.

II. — Visite à l'ancienne carrière du Cornet.

L'examen de la carrière Broquet terminé, nous nous sommes dirigés vers le Nord-Ouest, de manière à pouvoir visiter rapidement l'ancienne carrière du Cornet.

Cette vaste exploitation de Calcaire carbonifère, que beaucoup d'entre nous ont vue lors de sa splendeur, est actuellement abandonnée et remplie d'eau.

Heureusement, en quelques points, les couches qui surmontent le

calcaire sont encore plus ou moins visibles et nous avons pu y jeter un coup d'œil.

Lorsque les parois étaient bien visibles, M. L. Cayeux, qui a étudié avec soin la carrière, y a noté la coupe suivante :

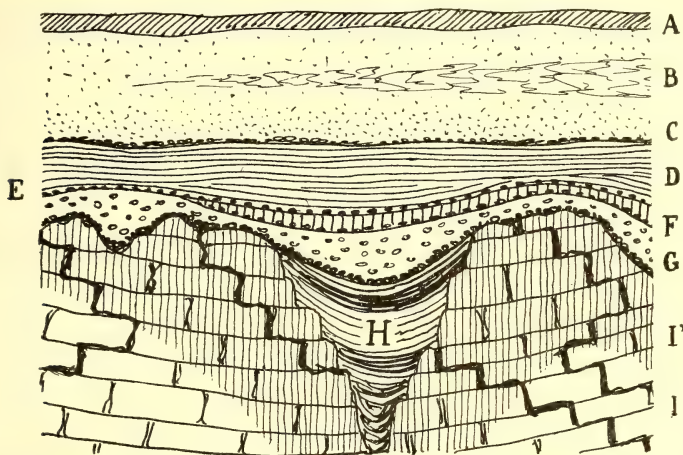


FIG. 20. — COUPE PRISE DANS L'ANCIENNE CARRIÈRE DU CORNET.

A. Limon plus ou moins remanié.	1 ^m ,00
B. Landenien. Sable vert glauconifère, avec lits durcis (tuffeau de Chereq).	5,00
C. Sable à gros points de glauconie et faible gravier à la base	0,50
D. Marne blanche à <i>Terebratulina gracilis</i> (Turonien)	3,00
E. Marne durcie avec galets roulés et fossiles, base du Turonien	0,25
F. Marne blanche à <i>Belemnites plenus</i> et cailloux roulés à la base	0,40
G. Tourtia de Tournai, très fossilifère	0,40 à 1,00
H. Sables et argiles à végétaux du Wealdien.	0,30 à 1,50
I, I'. Calcaire carbonifère, plus ou moins altéré.	

Somme toute, cette coupe ne diffère pas sensiblement de celle observée à la carrière Broquet; aussi, le temps pressant, avons-nous regagné, le plus rapidement possible, la station de Vaulx lez-Tournai, où nous avons pris le train pour Blaton.

Après-midi : Course entre Blaton, Grandglise et Courtes Bruyères (Hautrage).

Après avoir déjeuné près de la gare de Blaton, les excursionnistes se sont mis en route vers le village pour prendre le chemin situé au Sud du canal et se dirigeant, d'une manière générale, vers l'Est.

Chemin faisant, M. *Rutot* explique qu'il a choisi cet itinéraire parce qu'il correspond à la partie du bassin landenien marin situé précisément dans l'axe de l'embouchure du large delta fluvial d'Erquelinnes.

A Chercq, dans la même direction, mais beaucoup plus à l'Ouest, nous avons vu le bassin landenien normal, exclusivement marin, avec cycle sédimentaire bien indiqué et partout très glauconifère, sans trace de Landenien supérieur, bien que l'on constate au-dessus la présence de l'argile ypresienne.

De même au Nord et au Sud de notre itinéraire, le Landenien présente les mêmes caractères, exclusivement marins, avec glauconie bien développée.

Le long de l'itinéraire choisi, nous allons voir s'étendre, *affectant le sable d'émersion Ltd seulement*, un facies local et spécial, entièrement marin, sauf une légère exception due, selon M. Rutot, à la dernière influence, vers le large, de l'énorme apport d'eau douce dont nous avons si bien vu les manifestations entre Erquelinnes et Leval. Ce nouveau facies est visible dès la sortie du village.

La route traverse, en effet, en tranchée profonde, la petite colline située au Sud-Est de Blaton, et nous voyons, d'abord vers le bas, un sable meuble, blanc verdâtre, avec une proportion modérée de glauconie, passant vers le haut à du sable durci en gros bancs de grès et où la proportion de glauconie est très faible.

A l'air, les affleurements du grès blanc se délitent en une infinité de plaquettes, que l'on exploite pour l'empierrement des routes, pour élever de petits murs en pierres sèches, remplaçant les haies, et pour d'autres usages.

Ces grès sont parfois fossilifères. A la surface des plaquettes, on distingue d'abord un grand nombre de tubulations contournées, semblant dues à des Annélides et rappelant beaucoup les gyrolithes du Hervien.

En outre, on remarque des empreintes de fossiles, Gastropodes et Lamellibranches, généralement frustes, mais dont quelques-uns ont pu être déterminés par M. G. Vincent; ce sont :

Teredo sp.

Panopæa remensis Mell.

Pholadomya margaritacea J. Sow.

Cypriniadæa scutellaria Desh.

Cardium hybridum Desh.

— *Edwardsi* Desh.

Lucina uncinata Defr.

Lucina contorta ? Defr.

— sp.

Ostrea sp.

Ampullina semipatula ? Desh.

Turritella bellovacensis Desh.

Voluthilites depressus ? Lmk.

L'épaisseur du sable agglutiné en grès est très variable; tantôt elle atteint 10 mètres, tantôt beaucoup moins.

Quand le grès seul affleure, on croirait se trouver en présence d'une roche primaire.

Partout on voit de ces exploitations de grès ou de sable et elles se poursuivent jusqu'à la traversée du chemin de fer de Blaton à Bernissart, qui, sur plus de 1 kilomètre de longueur, traverse le Landenien en tranchée.

Bien que le terme *L1d* seul soit directement visible, M. Rutot dit que lors des levés de la Carte géologique, il a pu, à diverses reprises, par sondages, atteindre le terme argileux *L1c*, vert, très glauconifère, normal, ne participant en rien au changement de facies qui affecte le terme supérieur *L1d*.

Ce n'est du reste pas le durcissement en grès de la partie tout à fait supérieure du sable d'émersion qui constitue le caractère le plus important du facies, mais la diminution de la proportion de glauconie, les dernières influences de l'afflux d'eau douce ayant sans doute contrarié la formation de ce minéral.

Passé la traversée de l'embranchement vers Bernissart, nous traversons, à 600 mètres plus loin, la voie ferrée de Blaton à Mons, également en tranchée de plus de 15 mètres de hauteur et où le facies gréseux est peu développé.

Plus loin, vers l'Est, au Sud de Grandglise, des chemins creux nous montrent le même facies marin, blanc, presque sans glauconie, plus ou moins durci, et nous arrivons au Sud de Stambruges, où de vastes et profondes excavations s'enfoncent dans le facies spécial du Landenien.

L'exploitation du grès comme pierre de taille (1), après avoir été à peu près abandonnée pendant plus d'un siècle, reprend, en effet, de nos jours avec vigueur, et l'on peut observer actuellement des quantités de coupes toutes semblables.

En beaucoup de points, le caractère littoral d'eaux en mouvement, dans lesquelles le dépôt de sable s'est effectué, est nettement marqué par les stratifications obliques et irrégulières, fixées par le durcissement en grès; ce qui est un contraste sensible avec l'allure régulière des sables sous-jacents plus glauconifères du facies normal de *L1d*, environnants.

(1) La partie exploitée est celle située sous les bancs supérieurs fendillés. Sous ces bancs, le grès apparaît en masse peu fissurée, gris ou vert lorsqu'il est humide, devenant glauconifère.

Enfin, M. J. Cornet nous montre, gisant à la surface du sol, quelques gros rognons de grès blanc mamelonné du facies landenien supérieur.

Des carrières actuelles, M. J. Cornet nous mène, à travers bois, dans les anciennes exploitations formant un dédale de longs couloirs, comme des fossés de fortifications. Le grès est partout visible sur 4 à 5 mètres de hauteur; il est assez homogène, de couleur panachée vert et rouge.

A l'extrémité Est des anciennes carrières, M. J. Cornet nous montre le dernier vestige de l'influence fluviale des eaux venant du delta d'Erquelinnes.

Voici la coupe observée et déjà décrite par M. J. Cornet dans le *Compte rendu de l'excursion du 3 avril 1899, à Stambruges, Grandglise, Hautrage, Sirault et Villerot* (1) :

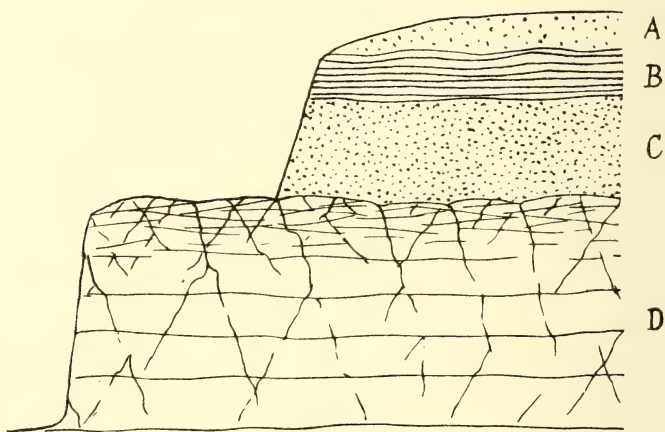


FIG. 21. — COUPE PRISE DANS UNE ANCIENNE CARRIÈRE, AU SUD-EST DE STAMBRUGES.

A. Sable blanchâtre, meuble	0 ^m ,50
B. Argile sableuse, brunâtre	0,75
C. Sable noir, ligniteux, avec lits de sable gris ou blanc	2,00
D. Grès glauconifère de Grandglise	2,50

M. J. Cornet dit qu'à son avis le sable A est moderne et d'origine éolienne; il forme, aux environs, des dunes très bien accentuées.

L'argile sableuse B paraît être un mince lambeau détaché du grand massif d'argile ypresienne qui se développe largement au Nord-Est et que nous verrons plus nettement dans quelques instants.

Cette argile ypresienne recouvre directement le sable ligniteux C, épais de 2 mètres et qui rappelle le facies du Landenien supérieur. Ce

(1) BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XIII, 1899.

sable constitue en réalité l'extrême sommet du grès de Grandglise *D*, anciennement exploité et que nous savons être le durcissement local et s'arrêtant ici vers l'Est, du sable d'émerison *L1d*.

M. A. Rutot déclare se rallier complètement à l'avis exprimé par M. J. Cornet, et il voit dans le sable ligniteux *C* le dernier vestige, très localisé, de l'apport des eaux douces venant du delta d'Erquelinnes. L'action de ces eaux douces, un peu plus manifeste en ce point, a empêché la formation de la glauconie et a permis le dépôt de matières végétales en fins débris, mêlés au sable.

Enfin, rappelant la constatation que nous a fait faire précédemment M. Cornet, de grès blancs mamelonnés épars à la surface du sol, M. Rutot dit que c'est là un autre indice d'une certaine extension du sable *C*, non chargé de matières végétales, et où s'est produit le concrétionnement du grès blanc qui vient prendre sa place, tant en Belgique que dans le Laonnais, tout au sommet du Landenien à facies non complètement marin.

Des anciennes carrières où nous nous trouvons, nous nous dirigeons à travers bois vers le terminus du tram vicinal qui doit nous ramener à Saint-Ghislain ; mais avant de nous embarquer, M. J. Cornet a tenu à nous montrer la coupe intéressante visible dans le talus de la route et qui nous montre, cette fois, un bon contact de l'Ypresien sur le Landenien (1) (fig. 22).

M. J. Cornet, expliquant la coupe, nous dit qu'il assimile le sable *A* à celui constaté déjà au sommet de la coupe précédente ; il est donc d'origine éolienne, et ici il se rattache clairement au régime dunal développé dans les bois vers l'Est.

Dans la position et avec la très faible épaisseur où on le voit ici, il est difficile de se faire du sable *B* une idée autre que de le considérer comme quaternaire.

L'argile *C* est l'argile ypresienne, sableuse, assez semblable au petit lambeau constaté dans la coupe précédente ; toutefois, ici, le doute n'est plus permis, attendu que cet affleurement se relie directement au massif ypresien qui couronne la colline du Happart au Nord-Est.

Enfin, le sable meuble *D*, activement exploité, constitue le sommet du Landenien.

M. Rutot fait remarquer combien les caractères de ce sable stratifié

(1) M. J. Cornet a déjà décrit et figuré cette coupe dans le compte rendu de l'excursion dont il a déjà été question ci-dessus.

sont mixtes; il forme réellement une transition entre les sables normaux, verts, glauconifères, régulièrement stratifiés, qui terminent le Landenien à l'Eribus, près de Mons, par exemple, et les sables fluviaux blancs à stratification oblique compris entre Erquelinnes et Leval.

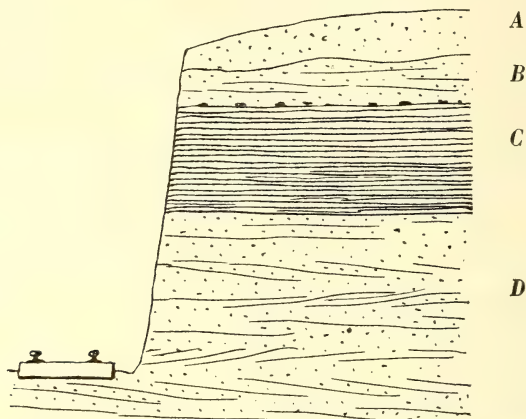


FIG. 22. — COUPE PRISE AU TERMINUS DU CHEMIN DE FER VICINAL AU SUD-EST DE STAMBRUGES.

A. Sable meuble, plus ou moins noirci et chargé d'humus éolien.	0 ^m ,50
B. Sable jaunâtre, stratifié, avec quelques silex roulés à la base	0,20
C. Argile brun-jaune vers le haut, grisâtre vers le bas . .	1,50
D. Sable blanc, très pur, stratifié, meuble, avec quelques points de glauconie.	2,00

Si l'on poursuit les sables meubles, presque blancs, que nous avons sous les yeux, vers le Nord et vers l'Est, nous les voyons devenir, assez rapidement, plus fins et plus glauconifères, et bientôt le facies normal reprend son empire.

M. Rutot se croit donc autorisé à répéter que la traversée de Blaton à Stamburges montre le dernier vestige de l'influence de l'apport fluvial dans le bassin marin landenien.

Après nous être embarqués, le tram nous mène rapidement vers l'Est jusqu'aux Courtes Bruyères, hameau au Nord d'Hautrage.

Là, M. J. Cornet nous engage à mettre pied à terre pour jeter un coup d'œil sur la carrière Lebailly.

Nous reproduisons ci-après (fig. 23) la coupe déjà publiée par notre guide dans le compte rendu de l'excursion du 3 avril 1899.

M. J. Cornet nous explique que la carrière et plusieurs autres avoisinantes, alignées dans la direction Est-Ouest, ont été ouvertes pour l'exploitation du grès blanc S qui fait partie du terrain houiller.

Ce grès constitue la partie supérieure du terme inférieur du Houiller inférieur.

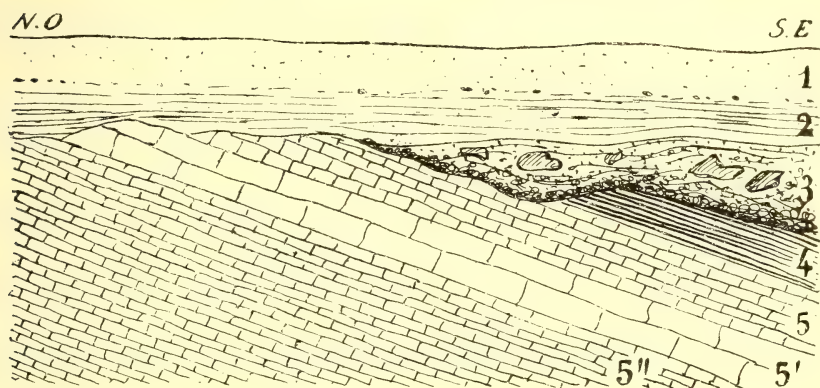


FIG. 23. — COUPE PRISE DANS LA CARRIÈRE LEBAILLY, AUX COURTES BRUYERES (HAUTRAGE).

1. Sable meuble, blanchâtre, dont la partie supérieure est remaniée par le vent, avec quelques cailloux à la base.	4 ^m ,00
2. Sable meuble, grisâtre, stratifié, avec cailloux de silex à la base	4,00
3. Argile sableuse vert foncé, très glauconifère, avec cailloutis de silex verdissés et de roches houillères, à allure ravinante	4,50
4. Psammite argileux décomposé, noir	3,00
5, 5', 5''. Grès blanc à grain très fin, très stratifié, exploité . . .	10,00

Le Houiller belge se divise en effet en deux assises: l'une, inférieure, comprenant trois groupes de couches notés *H1a*, *H1b* et *H1c* dans la légende de la Carte géologique publiée au 1/40 000; l'autre, supérieure, renfermant l'ensemble des couches de houille exploitées et notée *H2*. Ce terme *H2* constitue en réalité le Houiller moyen de l'échelle générale.

Nous avons ici sous les yeux le grès blanc, qui forme la partie supérieure du terme *H1a*, celui-ci étant constitué, plus bas, par du phanite noir en plaquettes ou schiste silicifié.

Quant à la couche noire 4 surmontant le grès blanc, elle constitue la base du terme *H1b*, et si la coupe s'étendait un peu plus au Sud, nous

ne tarderions pas à voir les premiers lits de charbon maigre ou t roulle existant à ce niveau.

Toutefois, ce n'est là qu'une première apparition de la houille, arrêtée dans son développement par la puissante assise de gr s, de poudingue et d'arkose *H/c*, qui sépare nettement ces premières couches de houille du grand faisceau exploité.

M. A. Rutot s'offre ensuite à fournir les explications relatives aux termes supérieurs.

Dans sa manière de voir, partagée du reste par M. Cornet, M. Rutot ne considère pas la couche 3 comme la base du Landenien *in situ* et intacte.

Cette base a été visiblement remaniée sur place par des eaux quaternaires et l'ensemble a été bouleversé et mélangé.

Le sommet de la carrière est à la cote 72, sur un plateau qui, vers l'Est, descend très brusquement en pente rapide jusqu'au ruisseau du Moulin, qui sort des fissures du calcaire carbonifère   Sirault et qui coule à la cote 45.

Le plateau est donc à 27 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux et la couche caillouteuse est à 25 mètres environ au-dessus de ce niveau.

Ce sont là les conditions normales d'altitude des dépôts moséens de la terrasse moyenne, et c'est à la crue moséenne que M. Rutot rattache le remaniement constaté.

Pour ce qui concerne les couches supérieures 2 et 1, bien que cela puisse étonner   première vue, le même géologue les rapporte respectivement au Hesbayen et au Flandrien.

Sur place, les preuves de cette manière de voir sont impossibles à donner, mais dans le programme primitivement élaboré, M. Rutot comptait terminer la journée par la visite des grandes sablières de la Hamaide, creusées sur le bord du grand fond plat de la vallée de la Haine (rive Nord) et par une course entre Hornu et Wasmes, sur la rive Sud, mais ces visites ont été supprimées.

Quoi qu'il en soit, les études prolongées de M. Rutot, lors du levé au $\frac{1}{20\,000}$, avec très nombreux sondages, de toute la vallée de la Haine depuis Obourg jusqu'à la frontière française, lui ont permis de conclure dans le sens exprimé plus haut, c'est-à-dire que, dans le fond et sur le bord Nord de la vallée de la Haine, le Hesbayen est représenté, comme dans la Flandre, par un facies sableux, gris, passant, sur la rive Sud, par alternances, au limon hesbayen gris, argileux, normal.

Dans le fond de la vallée de la Haine, ce sable hesbayen peut avoir

jusque 8 mètres d'épaisseur sous les alluvions modernes, et il repose sur des couches caillouteuses et sableuses avec débris végétaux qui représentent les dépôts abandonnés par le cours d'eau immédiatement après le creusement moséen, c'est-à-dire à l'époque campinienne.

Ces alluvions caillouteuses sont du reste caractérisées par de nombreux débris de la faune du Mammouth.

Sur les pentes, depuis le bord de l'alluvion moderne jusqu'à une altitude assez élevée sur la rive Nord, un autre sable blanchâtre, meuble, très stratifié, avec cailloux à la base, s'est déposé : c'est le Flandrien.

Vers le Nord, le long du parallèle de Jurbise, ce sable passe au facies limoneux du Flandrien, c'est-à-dire à l'ergeron.

Sur le versant Sud de la vallée de la Haine, il se passe pour le Flandrien ce qui s'est passé précédemment lors du Hesbayen : les sédiments sableux ne se sont déposés qu'à basse altitude ; dès que l'on s'élève, le sable flandrien passe à l'ergeron normal, parfaitement caractérisé, qui monte jusque des altitudes voisines de 150, alors que le limon hesbayen typique monte beaucoup plus haut.

C'est donc tout un ensemble considérable d'études détaillées qui a permis à M. Rutot de déterminer, comme il l'a fait, les couches quaternaires visibles dans la carrière Lebailly et aux environs.

Après la visite de la carrière, les excursionnistes ont repris le tram spécial mis obligeamment à leur disposition par la Société des Chemins de fer vicinaux et qui les a ramenés directement à Saint-Ghislain. Quelques minutes après, le train les transportait à son tour jusqu'à Mons.

Deux heures plus tard, les excursionnistes quittaient Mons et arrivaient à Bruxelles, où ils ont passé la nuit.

QUATRIÈME JOURNÉE. — MERCREDI 27 AOÛT.

Course aux environs de Bruxelles.

Le programme de la quatrième journée comprenait une course au Sud de Bruxelles, à Uccle, permettant de voir, en superposition continue, à peu près toutes les couches visibles aux environs de Bruxelles.

En conséquence, le matin, le tramway électrique nous a conduits jusqu'au terminus, à Uccle, et de là nous nous sommes avancés directement vers le Sud, jusque près de la station de Calevoet, où existe une fabrique de grès artificiel appartenant à la *Société anonyme des grès d'Uccle*.

C'est dans la grande sablière où l'usine exploite le sable dont elle a besoin que les premières observations ont pu être faites.

La coupe de la sablière et de ses environs immédiats peut se résumer comme l'indique la figure 24.

M. Rutot fournit, sur la coupe que nous avons devant les yeux, tous les renseignements nécessaires.

Il dit que la coupe est la plus complète que l'on puisse voir du facies bruxellien spécial aux environs de Bruxelles. En effet, elle comprend non seulement les grandes subdivisions habituelles, mais aussi des couches toujours fort localisées.

Le Bruxellien, dans toute son étendue, se laisse généralement diviser en deux grandes masses superposées : une masse inférieure, grossière, quartzeuse, parfois très fossilifère, et une masse supérieure, de sable calcaireux.

La masse inférieure est partout hétérogène et revêt, selon que l'on se trouve sur la rive Ouest ou sur la rive Est du golfe dirigé du Sud au Nord, des facies très différents.

Sur la rive Ouest, où nous nous trouvons, la partie inférieure du Bruxellien se subdivise plus ou moins nettement en trois zones superposées qui sont, en partant du bas, la zone à grès fistuleux, la zone à tubes d'annélides et la zone à grès lustrés.

A Schaerbeek, et surtout à Calevoet, une zone inférieure vient s'ajouter aux précédentes.

Cette zone représente le gravier de base ou d'immersion du Bruxellien.

Elle se compose, au bas, en contact directement avec le sable ypresien, d'un lit graveleux de gros grains de quartz, renfermant de nom-

breux crustacés, parmi lesquels des crabes (*Xantopsis bispinosus*), une sorte de homard (*Thenops scyllariformis*) et une grande variété de débris de poissons, notamment des Squales, le tout paraissant provenir du remaniement des couches ypresiennes sous-jacentes.

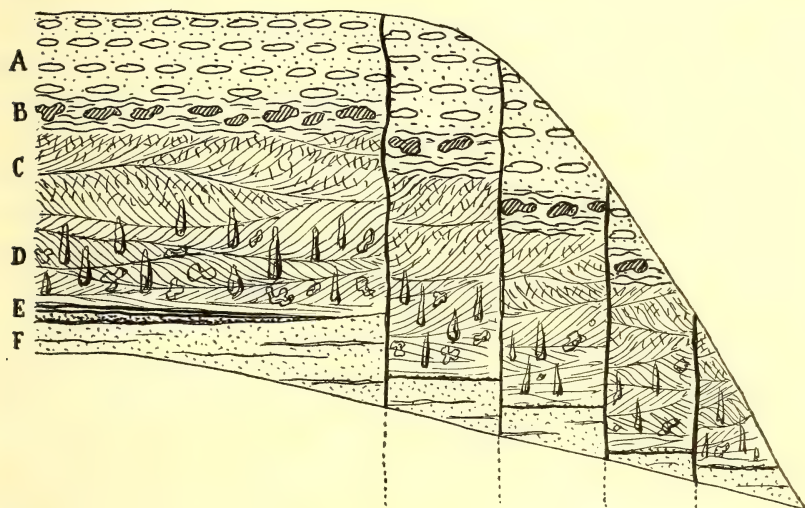


FIG. 24. — COUPE DE LA SABLIERE DE L'USINE A GRÈS ARTIFICIEL DE CALEVOET, MONTRANT ÉGALEMENT LA SÉRIE DE PETITES FAILLES EN ESCALIER, VISIBLE LE LONG DU CHEMIN CONDUISANT DANS LA VALLÉE.

- | | |
|---|--------------------|
| A. Sable fin, très calcaireux, avec bancs subcontinus de rognons de grès calcaireux | 3 ^m ,00 |
| B. Sable peu calcaireux, régulièrement stratifié, parfois un peu graveleux et renfermant beaucoup de débris de poissons. Dans ce sable sont des grès à contours irréguliers, très durs, silicifiés, à cassure lustrée. | 1,00 |
| C. Sable grossier, meuble, presque dépourvu de calcaire, à stratification oblique et entrecroisée, et traversé par des milliers de tubes d'annélides | 4,00 |
| D. Sable grossier, quartzeux, meuble, à stratification oblique et entrecroisée, renfermant de nombreux grès, les uns cylindriques (<i>grès fistuleux</i>), les autres de forme très irrégulière (<i>pierres de grottes</i>), avec <i>Ostrea cymbula</i> et autres fossiles marins | 6,00 |
| E. Couche locale, formée d'alternances de sable, d'argile grise, fine, pure, feuilletée, et de marne blanche très durcie, avec un lit graveleux vers le bas, renfermant quantité de crustacés et de débris de poissons remaniés de l'ypresien | 1,00 |
| F. Sable très fin, gris, glauconifère, micacé, avec lits d'argile grise, Ypresien | 3,00 à 4,00 |

Au-dessus du lit graveleux se présentent des marnes blanches en plaquettes très durcies, perforées de tubes d'annélides, surmontées d'alternances de sable et d'argile grise, fine, schistoïde, d'aspect poldérien.

Sur cette base, qui peut avoir 1 mètre d'épaisseur et, nous le répétons, très localisée, se développe la zone des sables quartzeux obliquement stratifiés, à *grès fistuleux* et à *pierres de grottes*.

M. Rutot montre, *in situ* dans le sable, les grès fistuleux en position verticale. Ils ont de 0^m,50 à 1 mètre de longueur et leur diamètre varie de 3 à 12 centimètres.

En les brisant transversalement, puis longitudinalement, il est facile de voir qu'ils sont traversés d'un bout à l'autre par une baguette ou axe cylindrique, lisse, de sable agglutiné. Cet axe laisse entre sa surface extérieure et l'intérieur de la concrétion siliceuse environnante, un espace de 1 à 2 millimètres rempli de sable meuble, associé à de très nombreux spicules de Spongiaires siliceux, appartenant à plusieurs genres; de plus, la surface interne de la concrétion extérieure porte la trace, en creux, de nombreux tubercules.

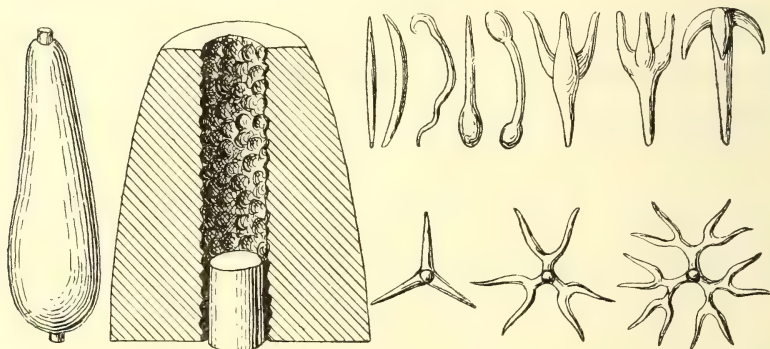


FIG. 25. — VUE ET COUPE D'UN GRÈS FISTULEUX MONTRANT LA BAGUETTE INTERNE ET LA CONCRÉTION EXTERNE, PLUS QUELQUES FORMES DIVERSES DES SPICULES DE SPONGIAIRES DU CREUX EXISTANT ENTRE LA BAGUETTE ET LA CONCRÉTION EXTERNE.

La formation des grès fistuleux est donc attribuable à un organisme cylindrique de 1 à 2 centimètres de diamètre, à intérieur lisse et à extérieur couvert de tubercules, qui paraît n'être autre qu'un tube d'annélide littorale, qui aurait composé l'enveloppe dans laquelle elle a vécu, de grains de sable et de spicules de Spongiaires.

Plus tard, après le dépôt, les masses de spicules libres répandus dans le sable se sont dissoutes et la silice s'est alors concentrée autour de centres d'attraction, qui étaient les tubes d'annélides.

L'animal ayant depuis longtemps disparu, le sable qui remplissait l'intérieur du tube a été silicifié et durci, puis la silicification s'est opérée à l'extérieur du tube, enveloppant celui-ci d'une gaine cylindrique de sable durci en grès.

Mais peu à peu aussi, la matière organique qui agglutinait primitivement les éléments du tube de l'annélide a disparu à son tour et le ciment qui reliait provisoirement la gaine extérieure au cylindre intérieur a cessé d'exister; les éléments — sables et spicules — constituant l'ancien tube se sont dissociés et existent maintenant à l'état libre, séparant la baguette interne de la concrétion externe.

Lorsque les tubes d'annélides ne sont pas trop serrés les uns contre les autres, les grès fistuleux proprement dits se forment, mais lorsque ces tubes sont abondants et entremêlés plus ou moins obliquement, le concrétionnement siliceux entoure des paquets de tubes, et au lieu d'un grès fistuleux droit et cylindrique, il se produit des grès de formes très irrégulières, à tubercules séparés par des dépressions profondes. C'est là ce que l'on appelle *pierres de grottes*.

Enfin, la silicification atteint aussi parfois des parties de sable stratifié où on ne distingue plus l'organisme ayant formé centre d'attraction.

On rencontre alors des grès poreux, caverneux, se subdivisant en plaquettes grossières et renfermant assez souvent *Ostrea cymbula*.

On voit, du reste, clairement que ces sables ont été très fossilifères, car on distingue très bien, le long de certaines strates, des lits de débris de test calcaire de mollusques variés, presque dissous et d'une extrême fragilité.

D'autre part, dès que ce sable est à altitude très basse et renferme un niveau d'eau, la masse énorme des coquilles qu'il contient s'est conservée; c'est ce qui s'est passé à Steenockerzeel, au Nord-Ouest de Bruxelles, où le sable inférieur du Bruxellien, noyé, a fourni à MM. G. et E. Vincent et à MM. Couturiaux et Dr Putzeys de superbes collections de fossiles, actuellement réunies au Musée de Bruxelles.

Au-dessus de la zone à grès fistuleux, le sable quartzueux, à stratification très irrégulière et entrecroisée, continue à se montrer, mais la quantité de tubes d'annélides devient telle qu'on les compte par milliers, et il est vraiment intéressant de voir les sablières où ce niveau apparaît, après une période de temps sec et de vent. Les tubes d'annélides, un peu ferrugineux, gardent une certaine solidité, tandis que le sable meuble se désagrège lentement par le vent, et alors apparaissent en haut relief, sur la paroi, les milliers de tubes à extérieur couvert de tubercules.

Ici, la silice n'a pas été assez abondante pour transformer la masse de tubes d'annélides en grès fistuleux.

Cette quantité de tubes qui se presse à mesure que l'on monte paraît être l'indice d'un petit mouvement de soulèvement du sol, à moins qu'il y ait eu formation d'un haut-fond sableux par suite d'une sédimentation locale plus abondante.

Dans tous les cas, la zone à grès lustrés qui surmonte celle à tubes d'annélides présente, tout particulièrement, un caractère littoral, au point que l'on y rencontre parfois de petits graviers épars. Les sables ont une stratification ondulée et diffuse et, au même niveau, se rencontrent abondamment des débris de poissons, dents et vertèbres, non roulés cependant.

Les grès qu'on y observe ont été probablement à ciment calcaireux, primitivement, mais dans la suite ils ont été silicifiés au point d'avoir actuellement l'aspect compact à cassure lustrée des quartzites.

Ces grès sont, vers le bas, généralement stratoïdes et renferment des lits de marne blanche, très durcie; c'est surtout en montant qu'ils prennent l'aspect caractéristique à cassure lustrée.

C'est également le niveau des fossiles silicifiés du Bruxellien : fruits de *Nipadites Burtini*, bois silicifiés, *Nautilus*, grandes Rostellaires, grands Fuseaux et Cardites (*Cardita planicosta*).

La zone à grès lustrés est, en général, très peu épaisse, sa puissance dépassant rarement 1 mètre, et elle passe vers le haut à la masse supérieure, de composition ordinairement simple et homogène.

Sur toute l'étendue du golfe bruxellien, cette masse supérieure est formée de sable quartzeux demi-fin, chargé de débris d'organismes calcaires au point que toute la couche en a été agglutinée et que, coupée, elle se maintient très bien à pic.

De plus, toute l'épaisseur, qui peut atteindre de 10 à 20 mètres et davantage, est traversée horizontalement par de nombreux bancs, subcontinus, de concrétions calcaires dures, grossièrement lenticulaires, qui ont été exploitées de tout temps comme pierres de fondations. C'est aussi le niveau de la « pierre de Gobertange ».

Les grès calcaires du Bruxellien sont — sauf en des points localisés situés à la base — généralement peu fossilifères. On n'y rencontre guère que des troncs d'arbres flottés et perforés par les tarets, des fruits de *Nipadites* et des Tortues marines.

Ce n'est qu'exceptionnellement que l'homogénéité de la masse supérieure est troublée par la réapparition d'un facies rappelant celui des sables inférieurs à tubes d'annélides. Ces accidents ont surtout été

observés sur le territoire d'Ixelles, et M. Rutot a décrit celui qui a été longtemps visible près de l'Hospice Van Aa (1).

Le même géologue croit que ce sont là des manifestations littorales se rattachant directement à la période de retrait complet de la mer bruxellienne.

La mer, en se retirant, a causé des affouillements dans les sables calcaireux précédemment déposés lors de l'extension maximum et les a remplis de sables grossiers et de débris fossiles (dents de Squales, etc.).

Peut-être même un facies semblable a-t-il existé partout à la surface des dépôts bruxelliens, mais la mer laekenienne, qui est venue ensuite faire irruption, et dont le caractère ravinant est partout bien indiqué, a dispersé et raviné la plus grande partie de ces dépôts meubles (2).

Quoi qu'il en soit, depuis l'époque du creusement des vallées, de vastes surfaces du sable calcaireux bruxellien ont été mises à découvert.

Les eaux de pluie, chargées d'acide carbonique, se sont infiltrées dans ces sables, y ont dissous le calcaire, oxydé la glauconie et ont ainsi formé des sortes de poches actuellement remplies d'un sable véritable d'altération, ainsi qu'on le sait depuis les travaux de M. E. Van den Broeck sur ce sujet.

Ces explications terminaient la visite de la sablière de Calevoet.

Guidés par le directeur de la fabrique de grès artificiel, les excursionnistes ont visité l'usine, où toutes les explications désirables ont été données.

Le sable meuble bruxellien, mêlé à une certaine proportion de ciment, est moulé et placé dans des autoclaves, où le tout est soumis à la pression de quelques atmosphères.

Au bout d'un certain temps, les blocs durcis sont démoulés et taillés à dimensions.

On nous montre ainsi quantité de produits et notamment beaucoup de pierres moulurées d'un très bel effet. On peut également obtenir des pierres de diverses nuances.

Après avoir vivement remercié M. le Directeur des excellentes explications qu'il a bien voulu nous donner, nous nous sommes remis en

(1) RUTOT, *Note sur une coupe du système bruxellien observée à Ixelles*. (ANN. SOC. GÉOL. DE BELG., Liège, 1875, t. II.)

(2) Il y aurait peut-être là l'indice d'une division de la masse du Bruxellien en trois termes concordant avec le cycle sédimentaire. Nous aurions d'abord, vers le bas, le facies quartzeux *Bb*; à la partie moyenne, la masse calcaireuse serait *Bc*, et le terme supérieur grossier, presque partout raviné, serait *Bd*.

route et avons repris le chemin qui devait nous ramener à Uccle, notre point de départ.

Mais nous ne nous y sommes pas arrêtés et, prenant l'avenue courbe qui relie l'avenue Brugmann à la chaussée d'Alseberg, nous avons gravi la pente jusqu'au point le plus élevé, c'est-à-dire jusque la cote 100.

Chemin faisant, M. Rutot a fourni quelques données sur la constitution de l'étage bruxellien sur la rive opposée du golfe, c'est-à-dire dans la région de Tirlemont-Jodoigne.

Alors que le littoral Ouest était formé d'une immense plaine basse, n'admettant l'existence que de cours d'eau tranquilles, charriant des éléments sableux, le littoral Est devait être plus mouvementé, car il formait un des versants de l'Ardenne, région primaire plissée et depuis longtemps montagneuse.

Les cours d'eau venant de ce côté avaient donc un caractère plus torrentiel; aussi, alors que sur la rive Ouest le gravier de base du Bruxellien est à peine indiqué, le long du rivage Est, ce même gravier présente souvent de 5 à 10 mètres d'épaisseur, c'est-à-dire qu'il représente à lui seul toute la masse inférieure de l'étage.

Il n'y a donc pas, de ce côté, de grès fistuleux ni de grès lustrés; la masse graveleuse est parfois durcie localement en poudingue très fossilifère (Autgaerden), ou bien elle est traversée de lits marneux irréguliers, silicifiés en marnolithes, souvent percés de tubulations d'annélides.

Ce niveau renferme d'assez nombreuses *Nummulites lavigata* de petite taille.

Sur cet épais gravier commence presque subitement la masse supérieure, avec bancs de grès calcaireux plus continus que vers Bruxelles. Autour de Gobertange (entre Tirlemont et Jodoigne), ces bancs sont activement exploités pour la construction et aussi pour la réparation des anciens édifices, où la pierre de Gobertange remplace les grès lediens si utilisés au moyen âge.

Les grès calcaireux du rivage Est sont plus fossilifères que ceux du rivage Ouest. C'est là que pullule *Lucina Volderiana*.

Les mêmes grès renferment également, isolées et toujours rares, des *Nummulites* de petite taille.

Pendant que se donnaient ces explications, nous étions parvenus à la cote 100, au point où la dernière partie de l'excursion devait commencer.

Nous nous trouvions là dans des travaux nouvellement exécutés, que les pluies des jours précédents avaient rendus réellement inabordables.

Bon gré, mal gré, il fallut s'embourber d'odieuse façon pour approcher du talus continu formant coupe.

M. Rutot, prié d'expliquer la coupe, s'exprime comme suit :

Le but de la présente partie de la course est de voir, en descendant, toute la série des couches éocènes reliant le point le plus élevé de la région jusqu'au Bruxellien, qui s'étend dans les parties basses.

Pour avoir une idée complète des couches tertiaires affleurant autour de Bruxelles, nous aurions dû pouvoir nous élever encore d'une trentaine de mètres, mais l'érosion de la vallée de la Senne nous a enlevé cette faculté, réalisable cependant au Nord-Ouest de Bruxelles, où les couches supérieures sont visibles à moindre hauteur, grâce à la pente générale des couches du Sud vers le Nord, qui est d'environ 5 mètres par kilomètre.

Si donc la dénudation de la haute terrasse de 85 mètres au-dessus du niveau de la rivière ne s'était pas produite, nous aurions vu se développer, au-dessus du point où nous sommes, d'abord, en commençant par le haut, de 15 à 20 mètres de sables ferrugineux, avec important gravier de silex roulés à la base, surmonté de sables fins, rougeâtres, micacés, anciennement appelés *sables chamois* et que nous rapportions à l'Éocène supérieur, parce que le gravier de base avait toujours échappé à l'observation directe. Il a fallu, en effet, des sondages, exécutés expressément en vue de savoir exactement quelle était la relation des sables chamois et de l'*argile glauconifère* sous-jacente, pour résoudre le problème.

L'avis général était que les sables chamois passaient insensiblement vers le bas à l'argile glauconifère, et des observations précises semblaient devoir confirmer cette manière de voir ; mais les sondages ont montré qu'il y avait en réalité deux sables chamois : un qui surmonte l'argile glauconifère par transition insensible et un autre, le vrai, qui repose sur le précédent par l'intermédiaire d'un gravier de cailloux de silex roulés.

Dès lors, le sable chamois avec gravier de base se rattachait vers le haut, par transition insensible, à des sables grossiers en grande partie transformés en grès ferrugineux présentant un facies diestien, c'est-à-dire pliocène inférieur incontestable.

La présence du Diestien, que précédemment nous avions niée faute de preuves, apparaissait donc de la manière la plus nette, et il fut, naturellement, admis d'emblée et sans restriction possible comme le terrain tertiaire marin le plus élevé de la série des terrains des environs de Bruxelles.

Sous une quinzaine de mètres de Diestien, nous aurions peut-être pu voir 4 à 5 mètres de sable jaune, argileux et très micacé vers le haut, meuble vers le bas, avec un faible lit de sable grossier à la base, dans lequel un lavage aurait pu faire remarquer quelques gros grains de quartz roulés.

Je dis « peut-être » parce que les ravinements de la base du Diestien ont souvent dénudé ces couches, et ont même encore entamé celles sous-jacentes.

Les couches dont il vient d'être question représenteraient le Tongrien marin ou Tongrien inférieur, correspondant à la base de l'Oligocène inférieur des géologues allemands. Elles seraient l'exact équivalent des couches fossilifères du Limbourg (sables de Vliermael, de Grimmertingen, etc.) à *Ostrea ventilabrum*.

Immédiatement sous la base, difficilement discernable, du Tongrien, nous aurions rencontré des sables fins, glauconifères, épais de 3 à 4 mètres et passant insensiblement, par le bas, à l'argile glauconifère que nous avons sous les yeux... et sous les pieds!

Ces sables sont ceux que nous avons, il y a déjà bien longtemps, vus passer par le bas à l'argile glauconifère et que nous avons confondus avec les sables chamois du Diestien.

Actuellement, nous savons très bien qu'ils font partie de l'étage asschien, le terme le plus élevé de l'Éocène supérieur, et qu'ils en constituent le sable d'émersion (*Asd*).

Enfin, à Assche, au Nord-Ouest de Bruxelles, ce sable a fourni, dans des bancs ferrugineux, des empreintes de fossiles qui ont été déterminées par M. G. Vincent (1); ce sont :

Liste des fossiles du sable d'émersion *Asd*.

GASTROPODES.

Turritella crenulata Nyst.
Lovenella saxonica V. Kön.

| *Actæon simulatus* Sol.

LAMELLIBRANCHES.

Clavagella coronata Desh.
Solen vaginatis? Desh.
Panopæa Loei G. Vinc.
Corbula pisum J. Sow.
Neæra Raincourti Coss.

| *Tellina rostratina* Desh.
— *textilis* Edw.
Thracia corrugata G. Vinc.
Meretrix suberycinoides? Desh.
— *sulcataria*?

(1) M. Dollfus fait des réserves au sujet de cette liste, car on y voit figurer des noms d'espèces qui occupent ailleurs des horizons divers, bien différents. Il serait utile de la reviser.

Cyprina Roffiaeni Lef.
Crassatella Nysti d'Orb.
Crassatella sp.
Cardium porulosum Sol.
 — sp.
Protocardium parile Desh.
Cardita deltoïdea J. Sow.

Cardita rugifera? Coss.
Isocardia multicostata? Nyst.
Astaster Nysti Kickx.
Nuculana Galeottiana Nyst.
Nucula sp.
Chlamys cornea J. Sow.
Ostrea ventilabrum Goldf.

BRACHIOPODE.

Terebratulina ornata Gieb.

Ces préliminaires posés, nous pouvons aborder la coupe telle qu'elle se présente devant nous :

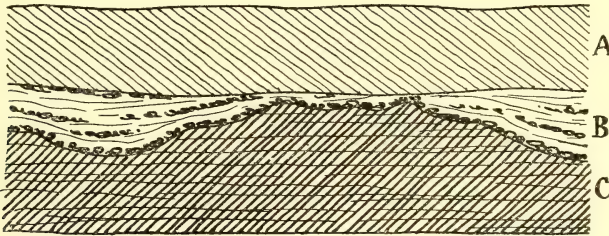


FIG. 26. — COUPE PRÈS DE LA MAISON DE SANTÉ, AU NORD D'UCCLE.

- A. Limon brun, argileux, altéré et décalcarisé . . . 4^m,00 à 4^m,50
 B. Sable et nombreux cailloux de silex très roulés, ovoïdes,
 à allure très ravinante 0,30 à 0,60
 C. Argile verte, sableuse, très glauconifère 4,00

Au sommet de la coupe, nous constatons la présence d'un limon altéré d'âge quaternaire.

La faible épaisseur et son état d'altération empêchent de le déterminer avec précision; mais comme il n'existe, dans la région de Bruxelles, que deux limons quaternaires, celui que nous voyons ne peut être que le limon hesbayen ou le limon brabantien d'origine éolienne.

Toutefois, comme il y a apparence de stratification et que la nature argileuse est assez bien indiquée, il y a tout lieu de croire que nous sommes ici en présence du limon hesbayen.

Sous ce limon apparaît une couche très irrégulière de cailloux roulés stratifiés avec des sables rougeâtres, et l'on y remarque quelques fragments de grès rouge, ferrugineux.

Jusque dans ces derniers temps, ce dépôt, d'origine évidemment

fluviale, s'appelait tout simplement « Diluvium ancien ». C'était très commode et peu embarrassant, d'autant plus que nous n'avions pas, alors, la notion qu'entre nos dernières couches pliocènes et le Quaternaire, il y avait une belle lacune à remplir.

Or, nous sommes ici à environ 85 mètres au-dessus du niveau des eaux de la Senne, dont nous apercevons la vaste vallée.

Au moment où le dépôt qui nous occupe s'est formé, il a donc fallu que les eaux de la Senne coulissent 85 mètres plus haut que de nos jours, ce qui constitue une belle différence.

Or, à la suite des études faites dans des vallées en France, en Allemagne et en Angleterre, on en est arrivé à la notion que la faune caractérisée par la présence de l'*Elephas meridionalis*, c'est-à-dire la faune du Pliocène le plus supérieur, se trouve dans les cailloutis de la terrasse de 50 à 60 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux.

Évidemment, nous nous trouvons ici à au moins 20 mètres au-dessus de la terrasse moyenne; donc nous devons être en présence de couches fluviales plus anciennes que le Pliocène supérieur.

D'autre part, comme nous savons qu'au Pliocène inférieur la mer recouvrait la région, nous pouvons donc conclure que les sables et graviers de la coupe appartiennent au Pliocène moyen, et dès lors, les eaux qui ont déposé les sables et les cailloux — provenant évidemment de la dénudation des couches diestiennes — sont celles du futur Escaut se jetant dans la suite des mers scaldisienne, poederlienne et amstélienne.

Ce sujet étant nouveau et délicat, je ne le développerai pas plus longtemps; je compte du reste publier mes idées prochainement dans un travail sur la comparaison du Pliocène et du Quaternaire belges avec les couches correspondantes de l'Est de l'Angleterre.

Nous voici donc arrivés à la couche *C*, à l'argile glauconifère ou terme moyen de fond (*Asc*) du cycle asschien, qui ne se présente pas ici dans son aspect normal.

Nous sommes, en effet, près du littoral Sud de la mer asschienne et vers l'extrémité du biseau argileux.

Au Nord de Bruxelles, c'est-à-dire vers le large, l'argile de fond montre une masse imposante qui n'est glauconifère qu'au sommet et à la base, c'est-à-dire au passage au sable d'émersion *Asd* et au passage au sable d'immersion *Asb*, l'étage asschien constituant un magnifiquement cycle sédimentaire.

A l'intérieur, l'argile est grise, pure, très plastique, avec pyrite et cristaux de gypse, sans fossiles.

Ici, nous sommes en présence d'un biseau qui ne nous montre que quelques mètres d'une argile sableuse, très glauconifère dans toute sa masse.

En descendant, nous voyons l'argile glauconifère asschienne s'épaissir, mais bientôt la proportion de sable s'accroît, tandis que l'élément argileux disparaît.

Le sable — d'immersion (*Asb*) — de l'Asschien est extrêmement chargé de glauconie, au point de paraître vert-noir, mais, en raison de la perméabilité relative de l'argile supérieure le long du biseau, les eaux superficielles ont pu s'infiltrer et oxyder énergiquement la glauconie.

Aussi s'est-il formé à ce niveau des bancs de grès ferrugineux d'épaisseur variable, parfois fossilifères et renfermant alors des empreintes de *Nummulites Wemmeliensis*.

Le sable d'immersion *Asb*, dans les affleurements connus, n'a guère que de 1 à 3 mètres d'épaisseur; vers le bas, il devient plus grossier et renferme des grains graveleux représentant le gravier de base.

On ne peut ici se faire une idée de l'aspect des couches constituant la base de l'Asschien lorsqu'elles ne sont pas altérées. Autour de Bruxelles, elles n'ont été réellement bien visibles qu'à Wommel, au sommet de la sablière qui pendant longtemps a fourni aux paléontologues la faune du Wemmélien.

Là, on voyait, sous l'argile glauconifère, le sable assez grossier, chargé de gros grains de glauconie, présentant vers le bas un banc presque compact de 0^m,50 à 0^m,40 de *Nummulites Wemmeliensis*, associées à quelques autres fossiles, Mollusques et dents de Squales.

Au-dessous se développait le sable de Wommel fossilifère.

La base de l'Asschien se voit aussi très nettement au Mont-des-Récollets, près du Mont-Cassel.

Là, le Wemmélien fait défaut et l'Asschien se termine par un lit de glauconie avec fossiles qui a reçu le nom de « bande noire » et enfin par un lit graveleux avec gros grains de quartz laiteux, formant gravier de base à allure ravinante et très bien indiqué.

Disons en passant que ce fait montre bien l'indépendance des étages asschien et wemmélien. L'Asschien couvre en effet une étendue très sensiblement plus grande que le Wemmélien, et lorsque ce dernier étage fait défaut, le gravier de base de l'Asschien est toujours très nettement accusé.

A Cassel, l'Asschien repose directement sur le Ledien.

Au point que nous observons, nous sommes en présence d'un contact

normal d'Asschien sur le sable wemmélien sans qu'il y ait présence d'un gravier appréciable; toutefois, il n'en est pas moins certain que la mer wemmélienne a dû se retirer, puis la mer asschienne a fait, sans tarder, un retour avec caractères littoraux sensibles et avec dépôt ultérieur d'un cycle sédimentaire complet.

Sous la base glauconifère altérée de l'Asschien, nous constatons donc la présence d'un sable jaune, assez fin, micacé, très altéré, qui est le représentant, déjà plus littoral, du sable fin, micacé, glauconifère, très fossilifère, visible autrefois à Wommel, Jette, Laeken et Konigsloo.

Le sable wemmélien n'a guère ici que 3 mètres d'épaisseur, et à sa base se montre un petit lit de gros grains de quartz, d'épaisseur variable, reconnaissable à sa teinte rouge et pouvant avoir de quelques millimètres à plusieurs centimètres, souvent surmonté de linéoles d'argile plastique.

Au Nord de Bruxelles, le même lit graveleux est visible à la base du sable de Wommel fossilifère, et il renferme également des fossiles et notamment un petit polypier : *Empsammia Burtinana* et enfin *Vermetus Nysti*.

On se rappellera que le sable de Wommel a fourni aux chercheurs une faune de plus de 200 espèces, constituée de Poissons, de Mollusques, d'Échinodermes, de Bryozoaires, de Polypiers et de Foraminifères, dont *Nummulites Wommelensis* et *Operculina Orbigny*.

La faune du Wemmélien a de très grandes analogies avec celle de l'argile de Barton.

On sait que la faune du sable d'immersion de l'Asschien (*Asb*) est analogue à celle du Wemmélien, tandis que la faune du sable d'émer-sion (*Asd*) du même étage renferme déjà des formes qui se retrouvent et se développent dans l'Oligocène inférieur.

Sous le gravier altéré et ainsi rendu presque méconnaissable du Wemmélien, se montrent des sables fins, verdâtres ou jaunâtres, altérés; mais bientôt on voit apparaître une ligne ondulée en dessous de laquelle se montrent des sables blancs, très calcaires, avec bancs de grès calcaires.

On reconnaît bien vite que la ligne ondulée marque, non une séparation stratigraphique, mais une limite entre dépôts sableux altérés et décalcarisés et sables calcaires normaux.

C'est jusqu'à cette profondeur que l'altération superficielle a pénétré, décalcarisant et oxydant la partie inférieure de l'Asschien, tout le Wemmélien et une grande partie du Ledien.

C'est en effet devant les sables lediens que nous sommes en ce moment, mais on n'en peut guère distinguer les caractères.

Il y a une quinzaine d'années, le Ledien complet était admirablement représenté autour de la prison de Saint-Gilles, que nous apercevons à 1 kilomètre au Nord du point où nous nous trouvons.

De nombreuses coupes, très étendues, montraient le contact du sable de Wemmel altéré sur le Ledien, puis la superposition de celui-ci au Laekenien.

On pouvait alors constater, à la base du Ledien, la présence d'un banc de grès grossier, graveleux, à ciment calcaire, rempli de petites Nummulites d'apparence sphérique et qui sont *Nummulites variolaria*.

Dans le même banc de grès apparaissent des quantités considérables de belles empreintes de fossiles, Gastropodes et Lamellibranches, parmi lesquels d'innombrables grandes Lucines (1).

Au-dessus de ce banc graveleux, véritable gravier de base, se développait un sable fin, très calcaireux, épais de 3 mètres environ et traversé par deux à trois lits calcaireux peu continus, peu fossilifères.

Enfin, vers le haut, la proportion de calcaire diminuait sensiblement, et, sur environ 2 mètres, on voyait s'étendre un sable glauconifère très stratifié, avec tubes d'annélides.

Ici, nous ne pouvons voir qu'un facies altéré, avec quelques pointements de sable agglutiné calcaireux, renfermant parfois des blocs de grès calcaireux.

La première partie de la coupe se termine ici, de sorte que nous ne pouvons pas faire constater le contact du Ledien sur le Laekenien par l'intermédiaire de son gravier à *Nummulites variolaria*; mais, il y a longtemps, l'observation a pu être faite.

Il nous a donc fallu descendre la chaussée d'Alseberg d'environ 500 mètres pour rencontrer l'ancienne sablière du Spijrtigen Duyvel, du nom d'un vieux cabaret situé en face et portant cette enseigne.

Vers le haut de la sablière apparaît le sable blanc, calcaireux, avec bancs de grès calcaireux. C'est le *sable laekenien*, visible sur 1 à 2 mètres.

Sous le sable laekenien, on voit toute une ligne excavée, qui se continue dans les talus d'un chemin contigu qui va vers l'avenue Brugmann.

Cette ligne d'excavations indique nettement le *gravier base du Laekenien*; elle résulte du travail incessant des amateurs de fossiles et

(1) Vers Gand et Baeleghem, la base du Ledien renferme aussi des moules internes de *Cerithium giganteum*, comme au Mont-Cassel.

des gamins de la région qui y cherchent sans relâche les dents de Squales.

En s'approchant, on voit que le gravier est constitué par du sable rempli de gros grains de quartz laiteux roulés, renfermant de très nombreux fossiles, souvent roulés.

Ces fossiles sont, d'abord des dents de Squales, généralement assez fortement roulées, puis d'innombrables exemplaires de *Nummulites laevigata* et *scabra* soit libres, soit agglomérées dans un grès durci.

Les Nummulites libres sont toutes fortement roulées; dans le cas où elles sont empâtées dans un grès, le fragment entier est roulé.

Avec ces fossiles, on rencontre encore des fragments roulés de *Terebratula Kickxi*, des osselets de *Crenaster poritoïdes*, des Huîtres, des Peignes, etc.

Ce gravier peut également contenir de gros blocs de silex de la craie.

Il repose, partout où on l'observe dans la région, sur le sable calcaireux du Bruxellien, renfermant également, ainsi que nous l'avons vu, des bancs subcontinus de grès calcaireux.

Souvent l'un de ces bancs de grès a arrêté la dénudation causée lors de l'arrivée de la mer bruxellienne, et alors on voit, et nous en avons sous les yeux de nombreux exemples, ces grès, déchaussés, couverts de fossiles laekeniens littoraux : huîtres, serpules, bryozoaires, lithophages, etc.

Le Laekenien a environ 5 mètres d'épaisseur, et il est, au-dessus du gravier de base, uniformément constitué par un sable assez fin, fortement cimenté par une proportion considérable de calcaire organique, sable durci lui-même, à certains niveaux, en lits de concrétions calcaireuses.

La masse du sable laekenien est pauvre en fossiles, mais les grès sont parfois fossilifères et ils ont fourni, après de longues recherches, une faune assez importante, caractérisée par *Ditrupa strangulata* et surtout par des Échinodermes (*Echinolampas affinis*, *Lenita patellaris*, etc.).

Au-dessous du gravier de base du Laekenien, nous nous trouvons devant des couches bruxelliennes d'un facies bien différent de celui vu le matin dans la sablière de Calevoet. Au lieu de trouver des sables blancs à grès calcaireux, nous voyons une masse de grès ferrugineux de 4 à 5 mètres d'épaisseur, passant vers le bas à du sable jaune ou blanchâtre, avec concrétions ferrugineuses diffuses, remplis d'*Ostrea cymbula* formant banc. Ce sont là des facies locaux qui ne se retrouvent pas aux environs immédiats. Ce qui est ici certain, c'est que l'apport

d'oxyde de fer n'est pas récent, puisque le Laekenien est intact. Ce phénomène a dû se passer probablement pendant la période d'émer-sion, c'est-à-dire continentale, qui s'est écoulée entre le départ de la mer bruxellienne et l'arrivée de la mer laekenienne. Quant à la pré-servation du banc d'huitres, elle est sans doute due à la faible perméa-bilité de la masse ferrugineuse aux eaux actuelles d'infiltration.

A part ce fait local, nous voici revenus, sous la base du Laekenien, au sable calcaireux de la masse supérieure du Bruxellien, par lequel nous nous rattachons au premier groupe d'observations faites à Calevoet.

Toutefois, comme à la sablière de Calevoet nous n'avons pas bien vu la partie supérieure du Bruxellien, nous prenons l'avenue en S par laquelle nous étions parvenus au sommet du plateau et, sous le gravier de base du Laekenien, qui ne tarde pas à disparaître, vu la pente de l'avenue vers le Sud, nous pouvons observer à loisir ce terme, avec les effets de la décalcarisation produite par l'infiltration des eaux super-ficielles.

A chaque pas, nous voyons s'enfoncer profondément, avec paroi à pic, dans la masse des sables calcaireux bruxelliens à bancs de grès, des poches remplies d'un sable verdâtre, dépourvu de grès.

Des deux côtés de la poche, les lits gréseux s'arrêtent net, les grès ayant été eux-mêmes attaqués et entièrement désagrégés par la perte de leur ciment calcaire, et, à leur place, on voit, dans le sable altéré, une ligne rougeâtre concave, reliant les extrémités de chaque banc de grès.

De même, en certains points, nous aurions pu voir les mêmes poches d'altération passant du sable laekenien dans le sable bru-xellien.

Dans ce cas, le gravier base du Laekenien, épais souvent de 20 à 30 centimètres à l'état normal, se réduit à un lit rougeâtre de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, avec courbure vers le bas, reliant les deux parties interrompues du banc normal.

On conçoit que la perte du calcaire dissous a amené dans la masse une diminution sensible de volume, d'où tassement des éléments insolubles et flexion, vers le bas, des traces des bancs de grès ou des lits de gravier primitivement horizontaux.

Enfin, au débouché de l'avenue en S et de l'avenue Brugmann, nous voyons les restes de deux anciennes et magnifiques sablières, montrant chacune une coupe de 20 mètres de hauteur, taillée en entier dans l'étage bruxellien.

Nous y voyons, au sommet, environ 8 à 10 mètres de sables calcaireux avec bancs de grès calcaireux alignés, puis le sable grossier à stratification troublée, à grès lustrés et à nombreux débris de poissons; puis la zone à tubulations d'annélides, admirablement représentée, et enfin, la zone à grès fistuleux et *Ostrea cymbula*. La base n'est pas visible.

Ici se terminait la course de la journée.

Les excursionnistes se sont alors réunis pour le déjeuner, et certaines questions ont été reprises.

M. G. Dollfus a parlé à nouveau des questions du synchronisme des couches belges avec celles de la région Nord du Bassin de Paris, et a rappelé ce qui a été dit à ce sujet, lors de la course de l'an dernier dans le Laonnais.

Ensuite, il a critiqué la classification et la nomenclature adoptées par les géologues belges, pour les étages tertiaires.

Alors que des synchronismes, admis de part et d'autre, et entièrement justifiés, ont fait l'objet d'un accord si désirable, notre savant confrère parisien regrette de voir les spécialistes belges conserver des dénominations datant de cinquante ans et qui lui paraissent surannées.

Il engage donc ses confrères à abandonner les noms dont ils se servent et qui rendent si difficile aux géologues étrangers la lecture de leurs travaux spéciaux, et à adopter les noms d'étages admis pour les couches semblables du Bassin de Paris. Il donne ensuite un tableau du synchronisme des couches belges et françaises tel qu'il le conçoit. (Voir p. 495.)

M. Rutot répond que, pour ce qui le concerne, il ne croit pas actuellement réalisable le vœu séduisant émis par M. G. Dollfus, et il pense que l'on sera forcé de se servir longtemps encore des noms vénérables que nous a légués notre premier initiateur, André Dumont.

Il y a pour cela deux raisons principales, exprimées déjà souvent et auxquelles on ne semble pas avoir accordé l'attention qu'elles méritent.

D'abord, contrairement à ce que paraît croire M. Dollfus, les géologues belges n'en sont plus à Dumont, depuis 1885.

Ils ont conservé les noms anciens, donnés par Dumont, autant qu'il leur a été possible, en laissant à ces noms l'interprétation la plus voisine de celle que leur attribuait le grand géologue, lorsque cette interprétation n'était pas conservée intacte, et c'est ce qui a été parfois possible.

ÉTAGES BELGES.	COUCHES PARISIENNES.	ÉTAGES FRANÇAIS.
<i>As</i> Asselien.	Sables de Marines, Le Rueil, etc.	Ludien. } Éocène supérieur.
<i>W</i> Wemmelien.	Sables de Beauchamp-Herblay.	Bartonien. }
Lacune?	Calcaire grossier supérieur. (Y compris le banc Vert.)	Lutécien supérieur. }
<i>Le</i> Ledien.	Calcaire grossier moyen, (Y compris la zone à <i>Cerith. giant.</i>)	Lutécien inférieur. }
<i>Lk</i> Laekenien.		
<i>B</i> Bruxellien.	Calcaire grossier inférieur.	
<i>P</i> Paniselien.	Argile de Laon (Hérouval).	
<i>Yd</i> Ypresien supérieur.	Sables de Visigneux, près Soissons.	Ypresien. }
<i>Yc</i> Ypresien inférieur.	Sables d'Aizy, Mercin, Guise.	
	Argile de Mont-Saint-Martin.	
<i>L2</i> Landenien supérieur.	Lignites du Soissonnais.	Sparnacien. }
<i>L1</i> Landenien inférieur.		
<i>Hs</i> Heersien.	Sables de Bracheux, Châlons.	Thanetien. }
<i>Mn</i> Montien.	Calcaire pisolitique.	Paléocène. }

Du reste, Dumont, grâce à son flair ou, disons mieux, à son génie, s'était presque inconsciemment arrêté au seul mode rationnel de classification basé sur la stratigraphie.

Sans se l'expliquer, il avait nettement reconnu le rôle et l'importance des niveaux de gravier et entrevu la composition du cycle sédimentaire.

Le seul tort de Dumont, c'est d'être mort trop jeune, terrassé par la tâche écrasante qu'il avait entreprise, et personne de nous ne doute que si, au lieu d'avoir disparu à la fleur de l'âge, il avait vécu seulement dix ans de plus, il eût pu commencer à avoir confiance en une paléontologie moins rudimentaire et moins chancelante que celle qui s'ébauchait de son temps, et peut-être aurait-il pu édifier lui-même la méthode de classement stratigraphique qu'il nous a été donné de mettre sur pied et de réaliser plus tard.

Nous avons, certes, lieu de nous étonner de nous voir accusés de nous servir d'une classification surannée, alors que nous avons l'intime conviction de nous appuyer sur des faits et sur des principes inébranlables, lorsqu'il s'agit de la classification détaillée des couches d'une région déterminée.

On oublie un peu trop, ajoute M. Rutot, que j'ai publié, en 1883, dans le *Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle*, un travail intitulé : *Les phénomènes de la sédimentation marine étudiés dans leurs rapports avec la stratigraphie régionale*, et qu'a paru immédiatement après, dans le même recueil, le mémoire de M. E. Van den Broeck portant le titre : *Note sur un nouveau mode de classification et de notation graphique des dépôts géologiques basé sur l'étude de la sédimentation marine*.

Voilà notre guide, voilà notre évangile, et nous ne sommes nullement disposés à les abandonner pour adopter des bases de divisions que nous considérons comme très inférieures aux nôtres.

La même année (1883), nous nous sommes encore expliqués très nettement sur le même sujet dans l'introduction de l'*Explication de la Feuille de Bruxelles* de la Carte géologique publiée à l'échelle du 20 000^e, et rien ne nous fera changer d'avis.

Depuis 1883, il n'est donc plus permis d'ignorer que les géologues belges spécialistes du Tertiaire n'en sont plus aux subdivisions surannées de Dumont.

C'est devant un Dumont justifié, revu et considérablement augmenté, établi sur des bases défiant la critique sérieuse, que l'on se trouve, et c'est avec cette nouvelle classification, qui a simplement pris à Dumont ce qu'il y avait de bon et de juste, qu'il faut compter désormais.

M. *Dollfus* se demande s'il est bien correct de changer l'interprétation originale donnée par un auteur à une couche ou à un fossile. Les idées nouvelles imposent une nomenclature nouvelle; en France, en Suisse, les auteurs les plus considérables n'ont pas cru pouvoir changer, par exemple, les délimitations des étages créées par d'Orbigny; ils ont cru devoir créer des noms nouveaux reposant sur les groupements nouveaux de couches qu'ils proposaient. Certes les changements fréquents dans la nomenclature sont déplorables, mais la modification d'interprétation dans un nom ancien n'est-elle pas tout aussi fâcheuse par la confusion qu'elle peut entraîner, par les opinions multiples qu'elle autorise?

Nos successeurs, ajoute M. *Rutot*, feront ce qu'ils voudront, mais, pour ce qui me concerne, je dirai et je soutiendrai que, pour ce qui a rapport à la *géologie détaillée* de la Belgique, — et par conséquent à tout ce qui a rapport aux légendes des cartes détaillées à grande échelle, — on ne surpassera pas en correction, en netteté et en précision la classification basée sur des faits naturels, non soumis aux fluctuations d'interprétation, faits qui sont les invasions et les retraits de la mer, causés par les oscillations du sol, ayant pour résultat immédiat le dépôt des cycles sédimentaires superposés et séparés par des graviers.

Notre méthode a du reste fait brillamment ses preuves; non seulement elle a pu être appliquée avec la plus grande facilité et sans accrocs aux divisions du Crétacé et du Tertiaire, — les seules qui furent l'objet de nos études, — mais elle nous a permis de *prévoir* l'existence de couches non encore connues.

C'est ainsi qu'a été amenée la découverte du sable d'émersion de l'étage heersien.

Ayant reconnu que ce terrain présentait un gravier de base (*Hsa*), un sable d'immersion très net et bien développé (*Hsb*) et une marne crayeuse de fond (*Hsc*), nous en avons conclu que, surtout en dehors du bassin Landenien, là où le Heersien déborde les couches du Landenien inférieur, nous avions toutes chances de rencontrer, au-dessus de la marne *Hsc*, le sable d'émersion *Hsd* qui, logiquement, devait exister pour compléter le cycle sédimentaire.

C'est ce que nous n'avons pas tardé à prouver de la manière la plus satisfaisante.

En nous plaçant, à l'Est du rivage de la mer landenienne, en des points où elle n'avait pu exercer l'énergique dénudation qu'elle a exercée partout où l'on constate sa présence, nous n'avons pas tardé à trouver, directement sous la base du Tongrien inférieur marin, un

sable fin, glauconifère, épais de 3 à 5 mètres, passant insensiblement à la marne blanche *Hsc.*

C'est encore notre mode de classification qui a permis de jeter la lumière sur les obscurités des étages tongrien et rupelien.

Sans ces lumières, on n'aurait pas songé à rechercher l'existence de graviers et de sables inconnus, et des délimitations nettes et précises n'auraient pu être établies.

Enfin, pour terminer ce qui a rapport à cette partie de notre argumentation, nous dirons que notre mode de classification d'après les phénomènes stratigraphiques naturels, indiqués en caractères immuables, *entraîne comme corollaire* la subdivision basée sur la Paléontologie seule.

En effet, puisque notre classification se base sur les invasions et les retraits des mers, ce sont précisément ces mouvements qui ont *causé* les variations paléontologiques par le phénomène des migrations.

Il se fait donc que deux cycles sédimentaires successifs et superposés *ne peuvent* avoir la même faune, et c'est — en dépit de phrases stéréotypées et non justifiées telles que : « vos deux étages tels et tels ont une faune identique, donc ils appartiennent à la même division » — ce que nos paléontologues constatent.

Depuis 1883, les divisions du Tertiaire belge sont restées intactes, inchangées, et elles viennent de subir victorieusement une terrible épreuve : la terminaison du levé détaillé, à l'échelle du 20 000^e, de tout le Tertiaire de la Belgique.

Aucun collaborateur n'a été embarrassé, hésitant, pour tracer des limites et rédiger sa légende; tout a marché rapidement, sans accroc ni discussion.

Je doute qu'il y ait beaucoup d'exemples du même genre.

Peut-on en dire autant de la classification qui nous est proposée? Certes non.

Elle est d'abord basée presque uniquement sur la Paléontologie, soumise, par essence, à toutes sortes de vicissitudes.

Tantôt on est en présence de couches sans fossiles, tantôt ce sont des questions de bathymétrie, de climat, de température qui interviennent; puis ce sont les facies, les variations d'espèces... aggravées singulièrement par celles des paléontologues chez lesquels l'équation personnelle n'est pas un mythe.

Là où il n'y a pas de fossiles suffisants, tout reste en suspens, car rien ne peut remplacer le fossile absent.

Avec la méthode stratigraphique des graviers et des cycles sédimen-

taires, les observations précises se multiplient à l'infini, et si l'on est embarrassé, un coup de sonde comble en quelques secondes la lacune.

La méthode stratigraphique est donc à la méthode paléontologique ce que l'express est au train de banlieue, et toutes deux marchent inmanquablement au même but, car les arrivants de la banlieue finissent forcément par venir confirmer simplement l'exactitude des divisions stratigraphiques établies par les voyageurs de l'express.

On comprend donc pourquoi les classifications purement paléontologiques sont flottantes, sans limites précises, toujours discutées, toujours ballottées, toujours modifiées.

Certes, nous acceptons volontiers la Paléontologie comme contrôle, mais notre expérience nous engage à n'en pas faire notre principal instrument.

Il doit maintenant être bien entendu que tout ceci n'est dit qu'au sujet des propositions faites pour nous engager à abandonner notre méthode et nos noms en ce qui concerne la *géologie détaillée de Belgique*, à transformer notre légende de la carte géologique *détaillée* de la Belgique.

Pour ce qui est des cartes synthétiques à petite échelle, des tableaux de synchronisme et de comparaison, on nous trouvera toujours entièrement et sincèrement disposés à nous entendre.

Nous grouperons sans hésiter nos *unités stratigraphiques*, nos cycles sédimentaires, que nous appelons *étages*, — et qu'il ne faut comparer en rien comme durée ni composition aux étages des géologues français, — en divisions correspondant plus ou moins « en gros » aux divisions utilisées par nos confrères.

Au besoin même, nous remplacerons notre *mot* étage par un autre mieux approprié, — pour nous les *mots* sont sans valeur (1), — nous pouvons tout aussi bien dire assise et sous-assise, en réservant le mot étage pour une division de plus grande importance (2).

Tout cela peut se faire sans la moindre difficulté, mais après accord en commun.

(1) C'est ce qui me met absolument à l'aise pour tous les noms des divisions critiqués comme peu logiques, comme : Panisélien, Ypresien, Campinien, Moséen, etc. Pour moi tout mot n'est qu'une résonnance ayant un *sens* déterminé. Dès que l'on est bien d'accord sur ce *sens*, le mot est valable, sinon je n'en connais pas un seul sur lequel la critique ne pourrait s'exercer à juste titre.

(2) Nous avons du reste déjà groupé depuis longtemps nos étages en Éocène inférieur, moyen et supérieur; Oligocène inférieur, moyen et supérieur, etc., divisions pour lesquelles l'accord semble être acquis. C'est déjà là un résultat satisfaisant et très appréciable.

Toutefois, si nous sommes tout disposés à opérer des groupements de nos étages, nous désirons les faire nous-mêmes, à loisir.

Les géologues français sont libres de faire ce qui leur semble le plus rationnel pour leurs terrains, et nous nous garderons bien de jamais toucher à leurs étages, quels qu'ils soient, ni de les critiquer.

Jamais un géologue belge n'a recommandé à un confrère étranger d'adopter l'un ou l'autre des noms d'étages que nous employons. Si des noms tels qu'Ypresien, Panisélien, Tongrien, etc., nous ont été empruntés, *cela a été à notre insu*, et nous avons trouvé *ces emprunts généralement malheureux*, parce qu'ils concordent assez mal avec nos idées. Pour ce qui me concerne, je verrais avec grand plaisir disparaître de la légende française les termes « Ypresien » et « Tongrien » empruntés à Dumont; ils ne peuvent gagner en rien à servir de base à des controverses.

M. G. Ramond ne peut qu'approuver les sages observations de son savant Confrère.

Il regrette l'introduction du terme « Étage ypresien » dans la nomenclature officielle française.

D'après ce que les excursionnistes viennent de voir en Belgique, l'*Ypresien de Dumont* n'a que bien peu de rapports avec les « Sables de Cuise » et les couches subordonnées de la « Région parisienne (1) ».

On pourrait faire une critique analogue en ce qui concerne les étages *tongrien*, *bartonien*, *thanétien*, etc.

La nomenclature stratigraphique n'est pas, en somme, une question « d'entente cordiale » ou de bonne « politique internationale! »

M. Rutot ajoute, comme conclusion :

« Nous qui connaissons nos terrains belges dans tous leurs détails, qui en possédons seuls des faunes complètes dans nos musées, sommes aussi seuls à même d'opérer des groupements rationnels de nos couches correspondant à ceux adoptés dans les pays voisins.

» Il ressort donc de ce débat que nous estimons pouvoir rester maîtres de notre géologie détaillée, de notre méthode de classification, de nos légendes détaillées appliquées à la carte géologique de la Belgique publiée à grande échelle, jusqu'au moment où tous les problèmes auront été élucidés et où l'on nous présentera un groupement qui nous donne toute satisfaction, en même temps qu'il réponde absolument aux besoins des pays voisins.

(1) Cette expression étant prise dans le sens étendu proposé par M. le commandant D. BARRÉ. Cf. *L'Architecture du sol de la France*. Paris, extrait in-8°, 1903.

» Lorsqu'on en sera arrivé là, l'utilité des noms communs, généralisés, s'imposera comme une nécessité absolue, et dès ce jour les noms « belges » auront vécu. »

*
* *

Après le déjeuner, les excursionnistes ont repris le tramway qui les a directement amenés au Musée royal d'Histoire naturelle.

La visite a été très rapide et très écourtée en raison du peu de temps disponible, et c'est à peine si M. Rutot a pu montrer à la hâte et sans explication quelques plateaux de silex taillés ou utilisés recueillis dans les couches quaternaires de la Belgique.

Vers 4 heures de l'après-midi, nous nous sommes séparés en nous disant « au revoir ».



CONTRIBUTION
A
L'ÉTUDE DES COURANTS SOUTERRAINS
AU MOYEN DE LA BOUSSOLE
ET DES
COURANTS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES (1)

PAR

F. DIENERT

Chef du Service local de surveillance des sources de la ville de Paris.

Des études déjà anciennes, entre autres celles de Mascart, de Blavier, de Moureaux, etc., ont montré que le sol et l'atmosphère sont parcourus par des courants électriques, lesquels produisent dans le cours d'une journée les variations de la direction de l'aiguille aimantée.

Les courants telluriques se manifestent nettement sur les installations télégraphiques et troublent quelquefois la marche des appareils.

Les travaux de M. Mathias, dans la région de Toulouse, confirment également l'existence de courants telluriques. Ce savant a trouvé une anomalie remarquable de la déclinaison dans les gorges du Tarn, entre Saint-Rome et la Maxane, au village des Vignes. A cet endroit, la vallée du Tarn est dirigée du Nord au Sud, et de chaque côté ses versants sont abrupts. Les plateaux sont à une altitude de 600 mètres plus élevée que le fond de la vallée. Les courants telluriques, parcourant le sol de l'Est à l'Ouest et au voisinage de sa surface, éprouvent une difficulté à franchir cette vallée; ils sont obligés de se réunir sous la rivière, et agissent ainsi sur la boussole de déclinaison placée dans la vallée différemment que lorsqu'elle est sur le plateau, d'où anomalie. Dernièrement, M. Lemström, d'Helsingfors, a mis en évidence la présence de

(1) Communication faite à la séance du 20 octobre 1903.

courants électriques atmosphériques constatés déjà depuis longtemps dans les observatoires installés au faite des montagnes, où ils produisent une ionisation de l'air atmosphérique.

Les études de MM. Moureaux, Neumann, etc., et dernièrement celles de M. Mathias sur le magnétisme terrestre, ont montré qu'il existait des anomalies qui ne tenaient pas à la présence de roches magnétiques, mais probablement à l'existence soit de failles connues, soit de cassures souterraines souvent invisibles. Aussi M. Mathias, à la suite de ses études, écrivait-il : « Les anomalies de la déclinaison observées dans une région où le vecteur magnétique est régulier devront être considérées comme le réactif fidèle des discontinuités dans la structure des couches superficielles du sol. Il devra en être ainsi des régions présentant des grottes et des rivières souterraines voisines de la surface du sol (1). »

A la suite de ces différents travaux, en recherchant une méthode capable de pouvoir faciliter nos études sur la délimitation du périmètre d'alimentation des sources de Cailly (Eure), nous avons pensé à l'emploi de la boussole. Comme étude préliminaire, nous avons voulu opérer dans une région connue de nous au point de vue de son hydrologie souterraine. Nous avons choisi la vallée du Lunain, étudiée pendant l'année 1901 et sous laquelle nous avons reconnu l'existence de courants souterrains recevant les eaux de cette rivière, qui se perdent aux environs de Chéroy et ressortent en aval de Lorrez. Cette vallée est creusée dans la craie sénonienne; sur les plateaux environnants, la craie est surmontée de calcaire de Brie et de sables de Fontainebleau aux environs de Lorrez-le-Bocage. Nos études n'ont porté que sur la répartition des isogones de cette région, négligeant la recherche de l'inclinaison et de la force totale, qui semblent inutiles à la suite des travaux de M. Mathias. Le soleil s'étant montré rarement dans le cours de nos expériences, il nous a été impossible de rechercher pour chaque point l'angle fait par le méridien géographique avec le méridien magnétique. On a pris alors une ligne de base et on a cherché pour les différents points l'angle de l'aiguille aimantée avec celle-ci. Voici comment on a opéré. Soit A notre point de départ, sur lequel nous plaçons notre boussole, soit AC notre ligne de base. On détermine l'angle formé par l'aiguille aimantée avec la ligne AC. En C, on place un cercle horizontal gradué surmonté d'une lunette avec laquelle on vise A, puis

(1) *L'Alpinisme et les études de magnétisme terrestre.* (ANNUAIRE DU CLUB ALPIN FRANÇAIS, 1901.)

un autre point B, dont on veut connaître la déclinaison. On connaît ainsi l'angle ABC. La boussole est alors transportée au point B. On y

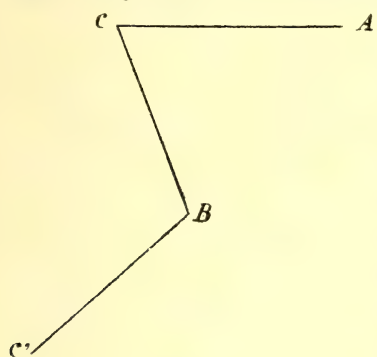


Fig. 1.

A vise le point C et un autre point C', sur lequel on transportera le cercle horizontal installé en C. Au point B, on détermine l'angle fait par l'aiguille aimantée avec la ligne BC et il est facile, connaissant l'angle BCA, de connaître en B la direction de l'aiguille avec AC. En C', on répète les mêmes opérations qu'en C, et par des mesures d'angles on rapporte toujours les résultats à la direction AC. Pour

cette étude, afin d'éviter de trop grandes erreurs dans la détermination de nos angles, il faut disposer d'une boussole donnant les quinze secondes. Les points A, B, etc., étaient distants d'environ 500 à 1,000 mètres. Pour tracer les isogones, nous avons attribué au point A une déclinaison fictive de $14^{\circ}50'$. C'était approximativement la déclinaison réelle du point A au 1^{er} janvier 1903. Comme pendant le cours d'une journée la déclinaison varie de plusieurs minutes, nous avons fait les corrections en nous servant des graphiques du déclinomètre enregistreur installé au Val-Joyeux et que M. Moureaux a eu l'extrême obligeance de nous envoyer. Les études de M. Moureaux dans la région entourant Paris à l'Est avaient montré que la direction générale des isogones est du Sud-Est vers le Nord-Ouest, faisant avec le méridien géographique un angle d'une dizaine de degrés. Nos résultats montrent que cette direction générale des isogones varie au voisinage de la vallée du Lunain. Si on suit sur notre carte (fig. 2) les isogones, on constate aux environs de la vallée venant de Villebeon un changement brusque des courbes. Les isogones prennent une direction nettement Est-Ouest. Puis, entre cette vallée et Préaux, elles changent brusquement pour prendre la direction Est-Ouest au voisinage de Préaux. Enfin elles viennent couper la vallée du Lunain en suivant une direction Sud-Ouest — Nord-Est, puis reprennent progressivement la direction du Nord.

Ces premières études n'ont pas la prétention de donner d'une façon tout à fait exacte la direction vraie des isogones de cette région. Nous avons reconnu qu'en opérant sur des points aussi rapprochés les uns des autres, on pouvait faire quelques erreurs, non négligeables, dues à ce que les variations diurnes du magnétisme ne sont pas partout sem-

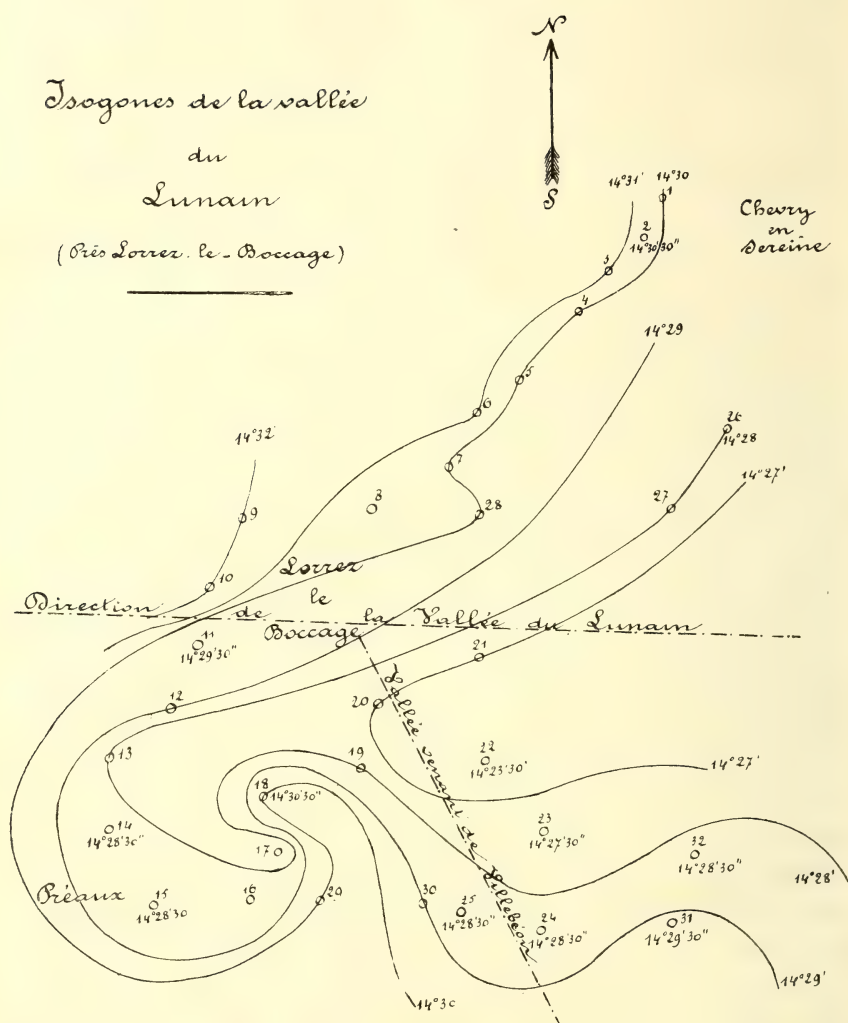


Fig. 2.

blables; il y a des endroits pour lesquels nous avons trouvé des variations diurnes plus fortes que celles fournies par l'observatoire du Val-Joyeux, mais le temps nous a fait défaut pour poursuivre cette étude que nous comptons reprendre plus tard (1). Quoi qu'il en soit, en considérant l'allure générale des isogones, la distribution irrégulière de celles-ci ne fait aucun doute.

Nous sommes restés jusqu'ici sur le terrain ferme de l'expérimentation. Pour interpréter nos résultats, nous entrons dans le domaine des hypothèses, et les expériences qui vont suivre auront pour objet de les contrôler.

Si l'on admet les idées de MM. Moureaux et Mathias, les résultats trouvés s'interprètent de la façon suivante : Les courants telluriques qui se propagent de l'Est à l'Ouest éprouvent sur leur parcours des résistances variables selon que le sol est plus ou moins crevassé. De là des variations du champ magnétique qui, sur notre boussole, se manifestent par des déviations plus ou moins grandes de l'aiguille aimantée.

Nous nous abstiendrons aujourd'hui, dans ces études préliminaires, d'indiquer, en nous servant des hypothèses rapportées précédemment, la direction des parties du sol, aux environs de Lorrez, qui, au moyen de la boussole, apparaissent crevassées. Il nous faudrait rentrer dans le détail même des isogones, et les observations que nous avons présentées précédemment à ce sujet ne nous permettent pas actuellement de le faire. Nous concluons simplement pour le moment que, au voisinage de la vallée du Lunain, les isogones présentent des anomalies dues probablement aux courants souterrains. Les vues que nous venons d'indiquer sont cependant encore un peu hypothétiques.

On n'a aucun droit en effet, ignorant la résistance électrique des différentes parties du sol, de voir dans ces anomalies une influence quelconque des courants souterrains de la vallée du Lunain, sans faire quelques expériences.

Charles Slichter, professeur de mathématiques appliquées à l'Université de Madison (Wisconsin), a étudié au moyen de courants électriques la vitesse de l'eau qui se meut sous la rivière Arkansas dans le Western Kansas. C'est la seule étude de ce genre qui, à notre connaissance, ait été faite en utilisant les courants électriques. Malgré nos recherches bibliographiques, même dans le livre récent de M. Estaunié (*L'électro-*

(1) Le fil de soie qui sert de suspension à l'aimant est très sensible à l'état hygrométrique de l'air ambiant. La boussole peut donc servir d'hygromètre, et nous revenons sur ce sujet dans un autre mémoire.

communication. Dunod, Paris 1903), ingénieur en chef des télégraphes, nous n'avons pu trouver aucune donnée bien précise relative à la résistance que le sol oppose aux courants électriques. Nous avons alors entrepris des expériences dans ce sens.

On a opéré dans la région de l'Avre, aux environs de Verneuil (Eure). Au moment de nos expériences, les sources du Chêne et de Poelay, situées aux environs de Verneuil et dont les eaux sortent de la craie turonienne surmontée d'argile à silex, ne coulaient pas parce que le niveau piézométrique de la nappe souterraine était inférieur au niveau du sol.

MESURE de la RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DU SOL.	DISTANCE des deux points étudiés.	RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES de la terre en ohms.	
		Totale.	Par mètre de sol (1).
Entre la source du Chêne et la source de Poelay.	800 mètres.	80	0.10
Entre la source du Chêne et le Bras-Forcé de l'Iton en face Poelay.	800 —	145	0.18
Entre le puits M. David et la source de Poelay.	460 —	83	0.18
Entre le puits M. David et le Bras-Forcé de l'Iton en face Poelay.	460 —	130	0.29
Entre le puits Girod et la source Poelay.	400 —	130	0.32
Entre le puits Girod et le Bras-Forcé de l'Iton en face Poelay.	400 —	163	0.41
Entre le puits Vallé et la source Poelay.	300 —	58	0.19
Entre le puits Vallé et le Bras-Forcé de l'Iton en face Poelay.	300 —	108	0.36
Entre le puits de la Tour-Grise et la source Poelay.	720 —	97	0.13
Entre le puits de la Tour-Grise et le Bras-Forcé de l'Iton en face Poelay.	720 —	127	0.18
Le Bras-Forcé de l'Iton entre la source du Chêne et la source Poelay.	800 —	140	0.17

(1) Pour que les chiffres de cette colonne fussent tout à fait comparables, il faudrait pouvoir affirmer que, quelle que soit la distance du puits à la source de Poelay, la formule $R = \rho \frac{l}{S}$, dans laquelle ρ est la résistance spécifique, l la distance des deux points étudiés, S la section des électrodes, est bien connue. Nous ignorons encore la répartition du champ électrique créé par notre courant dans le sol et nous nous proposons de l'étudier avec quelque détail. Cependant il suffit de faire remarquer que, entre le puits Girod et la source Poelay la résistance du sol est plus grande qu'entre la source du Chêne ou encore qu'entre le puits Vallé et cette même source (deux points situés l'un plus loin, l'autre plus près de celle-ci que le puits Girod), pour voir que, malgré cette réserve, notre conclusion subsiste.

Nos études dans cette région, qui se poursuivent depuis l'année 1900, ont montré que la source du Chêne, située le plus en amont, est en communication directe avec la source de Poelay, ce qui suppose, sinon un courant souterrain unique, au moins un certain nombre de grosses diaclases faisant communiquer ces deux sources.

D'autre part, coulant au voisinage de celle-ci, se trouve une rivière artificielle, appelée le Bras-Forcé de l'Iton, établie par les Anglais au XVI^e siècle pour amener une partie des eaux de l'Iton dans la rivière d'Avre. Ce Bras-Forcé est à une altitude plus élevée que la nappe souterraine; elle en est séparée par une petite couche de sol à peu près sec et dont l'importance sera très grande dans les expériences qui vont suivre. On place dans les sources du Chêne et de Poelay deux électrodes en cuivre argenté ayant 20 centimètres sur 20 centimètres, lesquelles sont réunies à un galvanomètre au moyen d'un fil de cuivre de 0^{mm},9 de diamètre. On trouve, lors de la fermeture du circuit, que le fil est parcouru par un courant, bien entendu de faible intensité, mais cependant nettement appréciable, allant dans le fil de la source du Chêne à celle de Poelay, c'est-à-dire de l'Ouest à l'Est. Si, au contraire, on met en communication un puits des environs de la vallée d'Avre avec la source de Poelay, on ne constate pas, à travers notre fil, de courants susceptibles d'agir sur notre galvanomètre, qui n'était pas un appareil très sensible. Cette première expérience nous faisait prévoir que les courants électromagnétiques éprouvaient dans le sol des résistances variables que nous nous proposâmes d'étudier. Notre fil de cuivre fut mis en relation avec l'appareil de Kohlrausch pour la mesure de la résistance électrique. Nous indiquons dans le tableau ci-contre (p. 506) les résultats obtenus.

La résistivité électrique la plus faible est celle comprise entre la source du Chêne et celle de Poelay. Un peu plus élevé est le résultat trouvé pour le puits de la Tour-Grise, lequel est nettement plus faible que pour les autres puits. Or, dans une expérience faite l'an dernier, nous avons trouvé qu'en pompant à la source de Poelay on abaissait le niveau du puits de la Tour-Grise et de la source du Chêne, tandis que les autres puits restaient stationnaires, ce qui indiquait une communication assez facile entre le puits et la source. De cette expérience nous croyons pouvoir ainsi tirer cette conclusion que la résistance par mètre est d'autant plus faible que les communications avec la source de Poelay sont plus faciles. La couche de sol qui sépare la nappe souterraine du fond de la rivière Bras-Forcé de l'Iton oppose une résistance très grande au courant électrique. La propagation du courant

électrique dans le sol apparaît donc comme se faisant principalement dans la nappe souterraine et non dans la partie du sol située au-dessus. Ces différentes expériences établissant donc d'une façon très nette que la conductibilité électrique du sol est variable selon les points considérés, les courants telluriques auront alors, d'après la loi d'Ohm, des intensités variables dépendant de la résistance du sol qu'ils devront parcourir ; ce qui confirme les hypothèses de MM. Moureaux et Mathias. Il n'est par conséquent pas hypothétique de dire que les anomalies des isogones aux environs de Lorrez-le-Bocage, là où géologiquement il n'existe aucune roche magnétique, peuvent être dues à l'existence des courants souterrains. Cette étude de la conductibilité électrique du sol peut être d'un très grand secours dans nos recherches d'hydrologie souterraine et venir confirmer ou contrôler nos résultats trouvés avec la boussole, si, comme nous nous proposons de le faire, nous la complétons par l'étude détaillée du champ magnétique que nous créons avec nos courants ; car comme corollaire à nos conclusions précédentes, le champ électro-magnétique sera toujours plus grand là où circulent les courants d'eau souterrains. Toutefois quelques précautions sont à observer, et sans avoir, au début de ces études, la prétention de les avoir envisagées toutes, nous signalerons immédiatement l'influence que peut avoir la conductibilité électrique des eaux de puits sur les résultats trouvés (1).

Dans l'étude qui va suivre, tout en montrant l'influence que peut avoir la conductibilité électrique des eaux de puits sur la résistivité du sol, nous aborderons l'historique de la question de la conductibilité électrique des eaux en général.

De la conductibilité électrique des eaux souterraines.

On sait, d'après les travaux d'Ostwald, que la conductibilité électrique d'une eau est d'autant plus grande qu'elle est plus chargée en sel ; aussi, depuis 1885, le Dr Waldenhofen a-t-il entrepris quelques études sur les eaux de Gastein, dans le but de connaître leur degré de minéralisation. Le Prof^r Treadwel de Zurich a déterminé la conductibilité électrique des eaux sulfureuses de Baden. En 1893, le

(1) Les courants telluriques qui circulent empêchent, à cause des courants induits qu'ils développent, le silence complet du téléphone. On est obligé, pour la mesure de la conductibilité, de noter les points du fil placés symétriquement à gauche et à droite de l'endroit où le silence devrait avoir lieu en l'absence de ces courants induits et pour lesquels le téléphone rend un son identique. On prend la moyenne des positions du curseur et on a le point pour lequel le téléphone serait au silence.

D^r Poelh avait examiné en Russie la conductibilité électrique des eaux minérales, étude qui fut poursuivie en France par le D^r Flamm. En 1897, Lehnert, de Nürnberg, dans une dissertation à l'Université d'Erlangen, a étudié la conductibilité électrique des eaux ordinaires et a conclu de ses observations qu'on peut obtenir par ce procédé le poids approximatif du résidu fixe d'une eau en multipliant par 10 000 la conductibilité électrique trouvée et en divisant le résultat par 55. Il a fait observer en outre que l'eau devait être privée de ses substances en suspension et de la plus grande quantité de gaz en solution. En 1898, Koeppé a encore utilisé la conductibilité électrique pour établir la composition des eaux minérales. En 1891, Th. Muller a communiqué à l'Académie des Sciences (tome CXXXII) ses travaux sur la composition des eaux minérales et des eaux de sources. Il a montré qu'il est très facile, à l'aide de la conductibilité électrique, de déceler rapidement les variations qui peuvent se produire dans leur teneur en sels. Il a déclaré que si deux sources voisines, jaillissant du même terrain géologique, mais en apparence indépendantes l'une de l'autre, présentent la même conductibilité, on peut affirmer qu'elles sont identiques. En 1901, Pleissner a publié une série de résultats qu'il a obtenus au moyen de la méthode de Kohlrausch. Il en a conclu que ce procédé est commode et rapide pour reconnaître dans une eau l'apparition d'éléments qui la rendent suspecte.

Vers la fin du mois de mai 1905, nous avons entrepris de déterminer chaque jour, aux sources de l'Avre, la conductibilité électrique des eaux. Nous avons déjà publié dans les *Annales de l'Observatoire de Montsouris* la façon dont nous avons organisé ce service. Nous attendrons la fin de l'année pour discuter les résultats et l'utilité de cette méthode rapide. Nous envisagerons aujourd'hui un point de vue différent de ces recherches. Au lieu d'étudier les variations de la conductibilité dues à des causes naturelles, nous allons examiner une série de recherches dans lesquelles nous essaierons de faire varier artificiellement la résistance électrique des eaux et du sol.

Le 8 octobre dernier, nous avons versé dans la source du Chêne, d'une façon régulière, depuis 3 h. 30 du soir jusqu'au lendemain matin 8 heures, une solution de sel marin à 25 %, et avec un débit de 4 litres à l'heure. Cette source recevait, en outre, un courant d'eau débitant $1\frac{1}{2}$ litre d'eau à la seconde, afin de chasser le sel dans le sol, et était reliée à celle de Poelay au moyen de deux électrodes en cuivre argenté et d'un fil de cuivre. On se proposait de suivre souterrainement la marche du sel par un procédé ayant quelque analogie avec celui de

Slichter, en mesurant à différents instants de la journée la conductibilité électrique du circuit formé par le fil de cuivre et le sol compris entre les deux sources. Le tableau ci-après (pp. 513-514) indique la marche exacte de l'expérience.

Si l'on suit la variation de la conductibilité électrique dès le début de l'expérience, on constate que l'introduction du sel marin augmente rapidement la conductibilité. Au bout d'une heure, alors qu'il a été introduit 1 kilogramme de chlorure de sodium, la résistance électrique du sol a baissé de 12 ohms. Celle-ci va encore diminuer pendant quelques minutes, puis rester fixe jusqu'au moment où, à 8 heures du matin, on jettera 25 kilogrammes de sel marin en vrac. Dans ce cas, la résistivité n'a varié que de 8 ohms, puis rapidement est remontée au chiffre de 93 ohms. Il a fallu jeter à nouveau, à 11 heures du matin, 50 autres kilogrammes de sel en vrac, pour abaisser la résistivité d'environ 18 ohms. Assez rapidement, la résistance est remontée, pour s'abaisser le soir à 5 heures, lors de la jetée de 50 nouveaux kilogrammes de sel. Les analyses de chlore, faites sur la source de Poelay, montrent que le sel marin ressort bien à cette source. (La source de Poelay, servant à l'alimentation de la ville de Verneuil, débitait environ 7 litres à la seconde, grâce à la pompe d'aspiration qui envoyait cette eau dans les réservoirs.) Le 11 octobre, à 11 h. 30, la résistance du circuit était remontée à 100 ohms, et une analyse de chlore, faite sur les eaux de la source du Chêne, nous avait montré qu'il ne restait plus de traces sensibles du sel introduit. Par le calcul, on trouve qu'il est ressorti environ 6 kilogrammes de sel à la source de Poelay jusqu'au 11 octobre à midi. Il y a donc plus de 100 kilogrammes qui ont disparu, emportés probablement vers d'autres sources non observées ou, mieux encore, le sel a pris une direction différente de celle du courant électrique. L'augmentation progressive de la résistivité du sol dans le cours de notre expérience pouvait déjà faire prévoir ce résultat. Toutefois, la résistance du sol n'étant pas revenue à sa valeur primitive, il faut admettre qu'une certaine quantité de sel se trouve encore entre la source du Chêne et celle de Poelay. Le sel ne ressort que très lentement à la source de Poelay. Ce résultat tient probablement à ce fait que lors de son introduction dans la source du Chêne, nous avons dû remplir de solution saline de petits canaux souterrains, lesquels se sont vidés lentement dans les diaclases qui font communiquer les deux sources étudiées.

Par cette expérience, nous voyons tout de suite l'utilité qu'il y a de déterminer la conductibilité électrique du sol dans les expériences

qualitatives que nous faisons au moyen du sel marin. Nous sommes avertis, par cette méthode, de la façon dont le sel se comporte dans le sol, ainsi que du moment où l'expérience doit être terminée par suite de la disparition de l'électrolyte introduit.

Influence de la conductibilité des eaux des puits sur la résistance du sol aux courants électriques.

De cette expérience nous tirons encore une autre remarque. Lorsque, au moyen de NaCl, nous avons changé la conductibilité de l'eau de la source du Chêne dans laquelle trempait notre électrode (et nous avons déjà dit que cette source ne coulant pas, elle peut être assimilée à un puits), la résistance électrique diminue immédiatement. Donc en plongeant notre électrode dans un puits voisin, nous pourrions trouver entre ce puits et la source de Poelay une résistance moindre si, grâce à des infiltrations, la conductibilité électrique de l'eau est plus grande que celle de la source du Chêne. Nos nombres devront alors subir une petite correction.

Le cas s'est présenté, dans nos expériences, pour deux puits : les puits Vallé et David. Le premier contenait 45 milligrammes de chlore et le second 55 milligrammes. Nous avons reconnu que la conductibilité électrique de ces deux eaux était sensiblement égale à celle de la source du Chêne le 8 octobre à 4 h. du soir. Les résultats de notre expérience avec le sel marin nous montrent que la résistance électrique a diminué de 5 ohms à cette même heure, de telle sorte que, si l'on veut comparer la résistance électrique du sol entre le puits Vallé et la source de Poelay avec celle trouvée entre la source du Chêne et la source de Poelay, il faudra augmenter de 5 ohms les premiers résultats obtenus pour le puits Vallé. Lorsque la distance des puits à la source considérée sera grande, la correction à faire, relativement à la diminution de la conductibilité électrique, sera négligeable, celle-ci devant être divisée par la distance, afin d'obtenir la résistivité.

Pendant le cours de notre expérience avec le sel marin, nous avons trouvé que la conductibilité du sol entre le puits David et la source de Poelay était constante. Il y a tout lieu de penser que le sel marin n'est pas apparu dans le champ magnétique compris entre la source du Chêne et le puits considéré (1).

(1) Il reste toutefois un point à étudier, qui consiste à voir si, en plongeant nos électrodes plus profondément en terre, nous ne pourrions pas mieux apprécier la marche du sel marin; c'est une étude à entreprendre.

Cette méthode peut encore permettre de se rendre compte des communications faciles entre les infiltrations des fumiers et des fosses d'aisances et la nappe souterraine. Il suffit de noter la conductibilité du sol entre la fosse et un puits voisin, puis de faire un lavage de cette fosse avec de l'eau peu chargée en sels et de noter, après le lavage, la variation de la conductibilité du sol, à condition toutefois que la résistance électrique de l'eau du puits n'ait pas varié (1). En effet, si la communication de la fosse avec la nappe est facile, l'eau aura rapidement entraîné les sels et augmenté la résistance du sol. On peut encore connaître la direction de ces infiltrations. Il suffit de mesurer dans plusieurs directions la conductibilité du sol entre le puits considéré et plusieurs puits avant et après le lavage. Si on trouve que dans une direction la résistance augmente plus rapidement, on peut affirmer que c'est de ce côté que les infiltrations sont le plus faciles. On voit donc que déjà cette méthode, qui consiste à étudier la conductibilité électrique du sol, à la faire varier artificiellement, nous apparaît comme pouvant fournir de nombreux renseignements lors de nos études d'hydrologie souterraine. Nous nous proposons de la poursuivre et au besoin, s'il y a lieu, d'en corriger les premiers résultats.

Pour terminer, nous adressons nos plus vifs remerciements à M. Moureaux, qui a bien voulu nous faire profiter de sa longue expérience dans le maniement de la boussole ; à M. Mathias, qui s'est volontairement privé d'une partie de ses vacances pour nous être agréable, afin de mettre plus tôt à notre disposition la petite boussole de Brunner de l'École normale supérieure, que M. Abraham avait eu l'amabilité de nous promettre au mois d'avril 1903. Je n'oublierai pas d'adresser l'expression de ma plus vive reconnaissance à M. Menant, directeur des affaires municipales, pour l'intérêt qu'il a porté à mes études en me procurant immédiatement, au mois d'octobre 1902, la boussole de Brunner, modifiée par Marie Davy, détenue par le Service municipal météorologique de Montsouris.

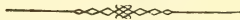
(1) Cette méthode est intéressante quand le fumier n'est pas en communication avec le puits voisin.

**Expérience faite avec le sel marin dans la source du Chêne
près de Verneuil (Eure) (voir p. 510).**

Commencement de l'expérience : le 8 octobre 1903, à 3 h. 25 du soir, on verse, avec un débit de 4 litres à l'heure, une solution de sel marin à 25 %. Le 9 octobre, à 8 h. du matin, on verse 25 kilogrammes de sel en vrac. A 11 h. du matin et à 5 h. du soir, on verse encore chaque fois 50 kilogrammes de sel. En même temps, pour chasser le sel dans le sol, on envoie dans la source un courant d'eau. Du 8 octobre à 3 h. jusqu'au 11 octobre à 8 h. du soir, on a envoyé 245 mètres cubes d'eau. La résistance du fil de cuivre était de 32 ohms.

HEURES.	Résistance du circuit en ohms	Source Poelay. Chlore par litre.	HEURES.	Résistance du circuit en ohms	Source Poelay. Chlore par litre.	HEURES.	Résistance du circuit en ohms	Source Poelay. Chlore par litre.
8 oct. Midi.	112	Milligr.	9 oct. Minuit.	93	Milligr.	9 oct. 9h00	91	Milligr.
Comm ^t 3h30 de l'expér.	110	»	12h30	93	12,5	9 30	93	12,5
4 00	107	»	1 00	93	13,0	10 00	93	12,5
4 20	100	»	1 30	93	13,0	10 30	»	12,0
4 32	91	»	2 00	93	13,0	11 00	75	13,0
5 00	95	»	2 30	93	13,0	11 30	77	13,0
5 30	94	»	3 00	93	13,5	Midi.	78	13,0
6 00	93	12,0	3 30	93	»	12 30	78	12,5
6 30	91	12,0	4 00	93	»	1 00	78	12,5
7 00	93	12,0	4 30	93	»	1 30	81	13,0
7 30	93	12,0	5 00	93	»	2 00	84	13,0
8 00	93	12,0	5 30	93	»	2 30	90	13,0
8 30	93	12,0	6 00	93	»	3 00	90	12,5
9 00	93	12,0	6 30	93	12,0	3 30	89	12,5
9 30	93	12,0	7 00	»	12,5	4 00	89	12,5
10 00	94	12,5	7 30	96	12,5	4 30	88	12,5
10 30	93	13,0	8 00	90	12,0	5 00	88	13,0
11 00	93	12,5	8 30	85	12,5	5 30	88	12,5
11 30	93	12,0	8 45	90	»	6 00	73	12,5

HEURES.	Résistance du circuit en ohms.	Source Poelay. Chlore par litre.	HEURES.	Résistance du circuit en ohms.	Source Poelay. Chlore par litre.	HEURES.	Résistance du circuit en ohms.	Source Poelay. Chlore par litre.
9 oct. 6h 30	76	Milligr. 12,5	10 oct. 4h 00	85	Milligr. 14,0	10 oct. 1h 30	»	Milligr 14,0
7 00	79	13,0	4 30	85	14,0	2 00	87	14,0
7 30	80	13,0	5 00	87	15,0	2 30	87	13,5
8 00	81	13,5	5 30	87	13,0	3 00	87	13,5
8 30	82	14,0	6 00	88	13,5	3 30	»	13,5
9 00	84	13,5	6 30	89	13,0	4 00	Accident survenu à l'appareil électrique.	13,5
9 30	84	13,5	7 00	89	13,0	4 30		13,5
10 00	84	13,0	7 30	89	13,5	5 00		14,0
10 30	85	13,0	8 00	89	13,0	5 30		13,5
11 00	86	13,0	8 30	89	13,0	6 00		13,0
11 30	85	13,5	9 00	87	16,0	6 30		13,5
10 oct. Minuit.	85	13,0	9 30	87	14,0	7 00	100	14,0
12 30	85	13,5	10 00	87	13,5	7 30		14,5
1 00	85	12,5	10 30	87	13,5	8 00		15,5
1 30	85	13,0	11 00	87	14,0	12 oct. 11 30 matin.	100	15,0
2 00	85	13,0	11 30	87	14,0	Nota. Les analyses de chlore poursuivies jus- qu'au 12 octobre à 4 h. du soir ont donné une moyenne de 14 milli- mètres de chlore par litre.		
2 30	85	13,0	Midi.	87	14,0			
3 00	85	14,0	12 30	»	14,0			
3 30	85	13,0	1 00	»	14,0			



QUELQUES CONSIDÉRATIONS COMPLÉMENTAIRES

SUR LA

PROPAGATION SOUTERRAINE DE LA FLUORESCÉINE

et sur l'emploi pratique de ce colorant

PAR

M. LE COUPPEY DE LA FOREST (1)

Ingénieur des Améliorations agricoles,
Membre de la Commission d'études des eaux de la ville de Paris,

Absent d'Europe au moment où s'est ouverte, à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, en juin et juillet derniers, la discussion sur *la vitesse de propagation des eaux souterraines et de la fluorescéine dans les canaux et fissures des terrains calcaires*, nous n'avons pu prendre part à cette discussion et avons dû nous borner à envoyer à la Société une courte notice écrite à la hâte et se rapportant à des expériences personnelles effectuées dans les terrains jurassiques de l'Yonne (2). Ce n'est qu'à notre retour en France, à la fin de novembre, que nous avons eu connaissance des différentes communications faites sur ce sujet. Nous avons regretté d'autant plus à ce moment de n'avoir pu prendre part à la discussion de l'été dernier, car nous aurions été désireux d'attirer l'attention de certains de nos collègues sur un ou deux points sur lesquels nous n'avions pu insister suffisamment dans une note hâtive.

Les récentes notices de MM. Van den Broeck et Rabir, ainsi que celle de MM. Fournier et Magnin, reçues en épreuves préalables ces jours derniers, nous montrant que la discussion n'est pas encore close,

(1) Mémoire présenté à la séance du 13 décembre 1903.

(2) M. LE COUPPEY DE LA FOREST, *Considérations sur le mode de propagation de la fluorescéine sous terre*. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., procès-verbal de la séance du 16 juin 1903, p. 249.)

nous demanderons la permission de reprendre quelques instants la parole.

Le point principal sur lequel nous désirerions revenir est l'avantage que l'on peut avoir, dans de nombreux cas, à employer des quantités de fluorescéine relativement importantes.

Théoriquement, ainsi que l'a montré M. Trillat (1), on pourrait n'employer que de faibles quantités de fluorescéine, quelques centaines de grammes seulement, si l'on se sert du fluorescope (2). Pratiquement, il est très utile maintes fois, même en employant le fluorescope, même pour de faibles distances et de faibles débits d'eau, d'employer des quantités autrement importantes de colorant et nous sommes très heureux de nous trouver d'accord sur ce point avec MM. E.-A. Martel (3), Fournier et Magnin (4).

De même que M. Van den Broeck a fait remarquer, lors de la discussion de la note de M. Dienert *Sur les expériences faites avec de la fluorescéine et du sel marin*, que l'on signale quelquefois à tort des retards de coloration alors qu'il n'y a que des défauts de perception (5), de même nous ferons observer qu'on note parfois, par erreur, des absences de coloration quand il n'y a également que des défauts de perception. Ces défauts de perception sont dus à l'imperfection des instruments que l'on possède, à l'emploi de trop petites quantités de colorant, et à la dilution de celui-ci dans de trop grandes masses d'eau.

Une autre considération tirée du retard de la coloration observée, milite en faveur de l'emploi de quantités relativement importantes de colorant. Ce qu'il ne faut pas perdre de vue, en effet, c'est l'intérêt pratique des expériences à la fluorescéine. Quel est en général le but de ces expériences? Bien rarement de résoudre un problème géologique, bien plus fréquemment de résoudre un problème hygiénique. La question que l'on se pose habituellement est celle-ci : Étant données une source

(1) TRILLAT, Note. (IBID., p. 261.) — LE MÊME, *Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration*. (IBID., p. 308.)

(2) Nous ferons remarquer ici que nous nous rangeons complètement à l'orthographe adoptée par M. Trillat pour le mot fluorescope. C'est M. Trillat qui le premier a parlé de cet appareil (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1899, p. 450) et qui l'a baptisé ainsi qu'il l'a jugé judicieuse. C'est faute de nous être référé au texte précis de M. Trillat que dans nos Rapports pour la ville de Paris, nous avons adopté une autre orthographe.

(3) E.-A. MARTEL. Note. (IBID., p. 266.)

(4) E. FOURNIER ET MAGNIN, *Essai sur la circulation des eaux souterraines dans les massifs du Jura*. (IBID., procès-verbal de la séance du 15 décembre 1903.)

(5) VAN DEN BROECK, *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, procès-verbal de la séance du 28 juillet 1903, p. 444.

et, à une certaine distance de celle-ci, des eaux superficielles véhiculant des bactéries pathogènes, ces bactéries pathogènes sont-elles susceptibles d'atteindre la source considérée et quelle est la vitesse maxima avec laquelle elles sont capables d'arriver à cette source?

Certes, l'expérience à la fluorescéine ne répondra pas catégoriquement à cette question. Seule fournirait une réponse à peu près indiscutable une expérience effectuée avec la même espèce de bactéries pathogènes ou avec des bactéries inoffensives sensiblement comparables quant à leurs conditions de résistance par rapport aux milieux traversés. Mais les expériences effectuées au moyen de bactéries exigent des conditions d'installation toutes spéciales et dans de nombreux cas, on devra se contenter des indications fournies par les expériences à la fluorescéine.

Par suite, il faut que l'expérience à la fluorescéine indique nettement la vitesse maxima de propagation de l'eau sous terre, afin de connaître la vitesse maxima avec laquelle les bactéries pathogènes pourraient réapparaître à la source étudiée.

Des différentes discussions qui ont jailli au sein de la Société, on peut tirer cette conclusion : c'est qu'on ne sait pas au juste ce qu'il faut appeler vitesse de propagation de la fluorescéine, ni même vitesse moyenne de propagation. Mais un fait a été nettement mis en évidence et accepté par tous, c'est que la coloration produite par la fluorescéine ne se propage pas uniformément et qu'il existe une tête dans cette coloration. Et cette tête de coloration peut se diviser elle-même en coloration invisible au fluorescope actuel, coloration visible au fluorescope, coloration visible à l'œil nu.

Plus la quantité de fluorescéine véhiculée par les eaux souterraines dans l'unité de temps sera importante, plus la coloration de ces eaux sera intense et plus il y aura de chances pour que la tête de coloration n'échappe pas à l'observateur. Il faut donc se placer dans des conditions telles que la plus grande masse de la fluorescéine employée arrive le plus rapidement possible aux eaux souterraines.

Est-on toujours placé dans des conditions pareilles? Nous ne le croyons pas, surtout si on n'emploie que de faibles quantités de colorant.

Lorsqu'on effectue une expérience à la fluorescéine en déversant de cette substance dans des eaux superficielles disparaissant dans le sol, il est bien rare que ces eaux s'engouffrent subitement par une cheminée ouverte depuis le niveau où circulent les eaux souterraines jusqu'à la surface du sol, et qu'on soit par suite à même de jeter la matière colorante dans un puits naturel ou artificiel parcouru par un courant souterrain.

En général, on exécute des expériences à la fluorescéine sur des bétoires dont le fond est plus ou moins obturé par des matériaux d'éboulis et qui sont séparés du niveau souterrain des eaux par une épaisseur plus ou moins grande de terres ou de roches. Si l'on opère dans ces conditions, le flot d'eau colorée, que l'on précipitera dans le bétoire, n'atteindra pas d'un seul coup la nappe souterraine. Il se divisera. Même si on opère avec de la fluorescéine en morceaux, dissoute dans de l'eau, c'est-à-dire avec la fluorescéine la plus pure, une grande partie de cette substance se déposera sur toutes les particules terreuses ou rocheuses par simple action mécanique et ce ne sera qu'au bout d'un nombre d'heures très variable, mais toujours très grand, que les matériaux constituant le fond du bétoire et ceux situés au-dessous de ce dernier seront lavés complètement et débarrassés des dernières traces de fluorescéine qui s'y trouvent déposées. Par suite, la quantité de fluorescéine qui arrivera subitement aux eaux souterraines sera loin d'égaliser la quantité de fluorescéine employée.

Mais on ne peut opérer toujours sur un bétoire dont le fond est constitué par des terrains remaniés et ne retenant que peu la fluorescéine. Bien au contraire, on est fréquemment obligé d'effectuer l'expérience dans un lit perméable de ruisseau, où l'eau s'infiltrerait progressivement sur plusieurs centaines de mètres de parcours, ou encore sur une prairie perméable, de plusieurs ares de superficie. Dans ces conditions, les quantités de colorant, retenues mécaniquement pour quelques heures ou quelques jours, seront autrement importantes et la quantité de fluorescéine arrivant jusqu'à un niveau souterrain, dans le minimum de temps, sera infiniment plus faible. Il faudra forcer la dose de fluorescéine employée afin d'avoir une tête de coloration aussi prononcée que possible et afin de calculer la vitesse de propagation de la fluorescéine avec la plus grande approximation possible.

Une autre considération, mise en relief par MM. Fournier et Magnin, pousse à employer de grandes quantités de fluorescéine. Il peut être utile, dans certains cas, d'obtenir des colorations visibles à l'œil nu, afin que les populations et les partis politiques locaux ne puissent mettre en doute les résultats obtenus. MM. Fournier et Magnin citent les cas des sources d'Arcier et de Foules (1). Nous citerons pour notre part l'expérience que nous avons eu l'occasion de faire pour la ville d'Auxerre en 1902.

Certains travaux, effectués aux environs d'une galerie filtrante, nous

(1) E. FOURNIER ET MAGNIN, *loc. cit.*

avaient amené à penser que les eaux, recueillies dans cette galerie de captation et délivrées à la population, étaient contaminées depuis l'exécution de ces travaux. Mais ces travaux étaient énergiquement défendus par une certaine partie de la presse locale. Nous fîmes alors une expérience à la fluorescéine, mais en ayant soin d'employer un poids suffisant de cette matière pour colorer à l'œil nu les eaux de la galerie de captation. Nous pûmes alors, par la coloration à l'œil nu, prouver à la population que les eaux qu'on lui distribuait étaient réellement contaminées, tandis qu'un examen fluorescopique nous indiqua quelle était la vitesse de la contamination (1).

A ce propos, il est un fait que nous tenons à faire remarquer pour l'avoir maintes fois observé nous-même. La coloration à l'œil nu des eaux d'alimentation jette un certain trouble dans l'esprit des populations et principalement des populations rurales, mais les inconvénients résultant de ce trouble ne sauraient être mis en balance avec les immenses avantages provenant de ce fait que les résultats de pareilles expériences ne peuvent être mis en doute par personne.

D'autre part, pour les expériences où les postes de prélèvement sont multiples, l'emploi de grandes quantités de fluorescéine présente un autre avantage, celui-ci d'ordre pécuniaire et par conséquent pratique. Pour une dépense supplémentaire de fluorescéine d'une cinquantaine de francs, on peut réaliser de très sérieuses économies si l'on obtient des colorations visibles à l'œil nu. A chaque poste de prélèvement on pourra en effet cesser de prendre des échantillons dès que la coloration sera visible, au lieu de continuer à en prendre jusqu'à un nombre d'heures fixé plus ou moins arbitrairement à l'avance. Cette façon de procéder n'empêchera d'ailleurs pas, par l'emploi du fluorescope, de rechercher l'heure précise d'arrivée de la tête de coloration.

Enfin, avec les faibles quantités de fluorescéine, les doubles colorations restent souvent insoupçonnées. C'est ainsi que lors de l'expérience de Chitry que nous avons effectuée le 1^{er} avril 1903 et que nous avons citée dans notre précédente note (2), nous avons eu l'occasion d'observer pour une même source trois colorations. La première, intense au fluorescope, se manifesta le 2 avril; les deux autres, intenses à l'œil nu, se produisirent l'une et l'autre après de grandes chutes pluviales,

(1) M. LE COUPPEY DE LA FOREST, *La fièvre typhoïde à Auxerre en 1902*. (REVUE D'HYGIÈNE ET DE POLICE SANITAIRE, t. XXIV, p. 485.)

(2) M. LE COUPPEY DE LA FOREST, *Considérations sur le mode de propagation de la fluorescéine sous terre*. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., procès-verbal de la séance du 16 juin 1903, p. 239.)

respectivement le 9 avril et le 21 août 1903. Il est de toute évidence que si nous n'avions pas employé de grandes quantités de fluorescéine, tout au moins la troisième de ces colorations aurait passé inaperçue. Jamais nous n'aurions songé à faire continuer les prélèvements depuis le 1^{er} avril jusqu'au 21 août.

Nous sommes donc en droit de dire que l'emploi de grandes quantités de matière colorante permet de noter des faits qui sans cela échapperaient à l'observateur.

Il est un second point sur lequel nous désirerions dire quelques mots. C'est le dépôt de la fluorescéine que nous avons observé dans certaines de nos expériences, mais qui a été nié par plusieurs de nos collègues.

En particulier, les expériences de MM. Van den Broeck et Rahir semblent en contradiction formelle avec les nôtres (1). Mais cette contradiction tient peut-être uniquement à la dissemblance des conditions dans lesquelles les expériences de MM. Van den Broeck et Rahir, effectuées à Remouchamps, et les nôtres, exécutées dans l'Yonne, ont été pratiquées. Aussi croyons-nous utile de préciser les détails de nos expériences.

Parmi les différentes expériences où nous avons eu l'occasion de noter ainsi des dépôts de fluorescéine, celle de Pourly (4 avril 1902) nous semble une des plus typiques.

Dans cette expérience, un ruisseau, débitant 4 à 5 litres à la seconde, se déversait dans un béttoire. Ce béttoire, sensiblement en forme de tronc de cône renversé, large de 3 mètres et profond de 1^m,50, avait un faible pouvoir absorbant : il n'y disparaissait que les quatre cinquièmes environ de l'eau qui lui parvenait ; le ruisseau, à la sortie du béttoire, roulait encore environ 1 litre par seconde. Le sol dans lequel le béttoire était creusé, était constitué par une terre arable et des calcaires fendillés appartenant au Jurassique. Le fond du béttoire était caillouteux et vaseux. Deux kilogrammes de fluorescéine, en morceaux amorphes, la seule fluorescéine que nous ayons employée dans nos recherches hydrologiques, furent dissous dans un certain volume d'eau et déversés dans le ruisseau en amont du béttoire. Au bout d'un certain temps, la masse entière de l'eau contenue dans le béttoire fut colorée et l'eau du ruisseau, à la sortie du béttoire, fut également colorée. Les choses

(1) VAN DEN BROECK ET RAHIR, *Expériences sur la densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau et sur sa vitesse de propagation*. (IBID., procès-verbal de la séance du 20 octobre 1903.)

furent laissées dans cet état et, quarante-huit heures après, nous revînmes sur les lieux. Il n'existait plus trace de fluorescéine, perceptible même au fluorescope, dans l'eau du ruisseau, ni en aval ni en amont du bétoire. Mais, sur les parois de ce dernier, et principalement sur la paroi du fond, une grande quantité de fluorescéine était déposée. Une violente agitation de l'eau dans le bétoire eut pour effet de mélanger à nouveau la fluorescéine à la masse de l'eau et de colorer derechef l'eau du ruisseau à la sortie du bétoire.

Différents facteurs ont pu jouer un certain rôle dans le dépôt de la fluorescéine, tant lors de cette expérience que lors d'autres expériences, à peu près identiques. Parmi ces facteurs, nous croyons devoir relever :

- 1° La quantité de fluorescéine employée;
- 2° La nature des parois de la cavité;
- 3° La nature de la cavité elle-même;
- 4° La façon dont l'eau parvenait dans la cavité.

Quantité de fluorescéine employée. Après ce que nous avons dit plus haut, nous croyons inutile d'insister sur le rôle que peut jouer la quantité de fluorescéine employée. Nous rappellerons toutefois qu'avec de faibles quantités de fluorescéine, nombre de phénomènes passent inaperçus lorsqu'on opère sur des eaux de surface ayant une coloration propre ou contenant des matériaux en suspension. Dans l'expérience de Pourly, nous avons employé 2 kilogrammes de fluorescéine, le volume d'eau contenu dans le bétoire étant environ de 4 mètres cubes ($\frac{1}{3}\pi \cdot 1,5^2 \cdot 1,5$), l'eau dans la cavité, au début de l'expérience, était donc colorée au taux de 0.5 gramme par litre. Mais nous ne pouvons comparer, à ce point de vue particulier, l'expérience de MM. Van den Broeck et Rahir avec la nôtre, car nous ignorons quelle quantité de fluorescéine fut utilisée lors des recherches sur les chaudières de Remouchamps.

La nature des parois de la cavité doit jouer un certain rôle; ce rôle est peu connu. Toutefois, il est un fait certain, c'est que le terrain caillouteux et vaseux de notre bétoire présentait toute une série d'aspérités et de recoins, où la fluorescéine se déposa. Il doit y avoir là quelque phénomène d'attraction physique intéressant à élucider. Ce même phénomène ne pouvait se produire aussi librement sur les parois lisses et rocheuses des chaudières de Remouchamps.

La nature de la cavité elle-même doit intervenir également. Les parois des chaudières de Remouchamps n'étaient pas perméables. Les parois du bétoire de Pourly étaient absorbantes. Il y avait, par suite, une aspiration de la masse liquide vers ces parois. Cette aspiration était

plus forte pour les parties plus denses du liquide et devait avoir pour effet d'augmenter sans cesse la densité des couches inférieures de ce liquide.

Enfin, la *façon dont le liquide parvenait dans la cavité* n'était pas un obstacle au dépôt de la fluorescéine. Contrairement à ce qui se passait dans la deuxième expérience de Remouchamps, à Pourly, le ruisseau pénétrait dans le bétoire sans aucune cascade et ses eaux n'étaient pas brassées avec les eaux contenues dans le bétoire.

Si, de ces expériences de Remouchamps et de Pourly, si différentes dans leurs résultats, on voulait tirer quelque enseignement applicable à la circulation souterraine de l'eau et principalement à la circulation souterraine dans le calcaire, on pourrait dire que les unes et les autres représentent des cas différents de cette circulation.

Étant donné, en effet, le grand nombre des fissures qui sillonnent certains calcaires et la grande diversité de cette fissuration, le bétoire de Pourly pourrait être assimilé à un réservoir souterrain possédant un déversoir supérieur, — la sortie du ruisseau, — et toute une série de déversoirs inférieurs, — les pores par lesquels le bétoire absorbait l'eau qui lui parvenait; les chaudières de Remouchamps ne pourraient être assimilées qu'à des réservoirs souterrains possédant uniquement un déversoir supérieur.

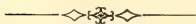
Comme conclusion à cette notice, nous nous bornerons à reprendre, en les modifiant quelque peu, une partie des conclusions de la dernière note de MM. Fournier et Magnin, et nous dirons, en nous plaçant uniquement au point de vue de la pratique des expériences à la fluorescéine :

1° Il importe d'observer au moyen du fluorescope les débuts de l'apparition de la coloration;

2° Ce début sera d'autant mieux observable qu'on aura employé des quantités de fluorescéine plus importantes;

3° Dans maintes occasions, il convient d'employer de grandes quantités de colorant;

4° Chaque cours souterrain et chaque portion de cours souterrain a son régime spécial, mais on peut dégager, dès maintenant, des études déjà faites, certaines lois générales à propos de la circulation de l'eau dans les calcaires.



ESSAI

SUR LA

CIRCULATION DES EAUX SOUTERRAINES

DANS LES

MASSIFS CALCAIRES DU JURA

PAR

E. FOURNIER ET MAGNIN (1)

Ayant été amenés à étudier, à l'aide de la fluorescéine, les communications entre un grand nombre de pertes et leurs résurgences, nous avons été frappés de la lenteur extrême avec laquelle les colorations effectuaient leur parcours souterrain. Afin de rendre les résultats de nos expériences faciles à constater par tous, et afin aussi de nous rendre compte de l'existence des résurgences multiples, qui sont fréquentes dans notre région, nous avons toujours employé une quantité de matière colorante supérieure de beaucoup à celle que l'on pouvait présumer nécessaire (2) pour mettre en lumière la communication supposée. Dans la plupart de nos expériences, *nous avons donc pu observer à l'œil nu, sans fluorescope*, la réapparition de la matière colorante aux résurgences.

Cette manière d'opérer présente, à notre avis, le double avantage de ne laisser subsister aucun doute dans l'esprit de l'expérimentateur et

(1) Mémoire présenté à la séance du 13 décembre 1903.

(2) M. Trillat (*Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, 16 juin 1903) considère la quantité de 1 kilogramme comme énorme. Nous en avons rarement employé moins, et quelquefois nous avons été jusqu'à 7 kilogrammes.

ensuite de frapper l'imagination des populations auxquelles il s'agit précisément de démontrer la réalité de la contamination de certaines eaux, qu'elles seraient le plus souvent toutes disposées à déclarer excellentes, parce que (c'est le cas de la plupart des sources vaclusiennes) elles sont limpides, fraîches et qu'elles sortent du rocher.

Cette démonstration de la contamination par une coloration bien visible est d'un bien plus grand poids dans l'esprit de ces populations que les résultats les plus concluants des analyses chimiques et bactériologiques.

D'autre part, cette lenteur de réapparition de la coloration aux résurgences aurait pu amener à penser que les eaux subissaient, dans un parcours si lent, une certaine filtration; *cette supposition pourrait amener des méprises désastreuses*; car, dans plusieurs centaines de cavités souterraines que nous avons explorées et dans un nombre encore plus considérable étudiées par M. Martel et par divers autres spéléologues, on a pu constater *de visu* que, dans le calcaire, les eaux circulaient toujours dans des fissures librement ouvertes, *sans filtration aucune*.

Il importait donc d'empêcher la diffusion de l'idée d'une purification possible des eaux vaclusiennes dans leur trajet souterrain, idée qui nous fut opposée à maintes reprises, notamment au sujet de notre mémoire sur la source d'Arcier (1), et nos études sur la source des Foules, à Saint-Claude.

Tel a été le principal objet de notre Note sommaire du 6 avril 1905 à l'Académie des Sciences; d'autre part, il nous semblait opportun d'appeler l'attention des hydrologues sur les curieuses variations de vitesse et les anomalies apparentes de la circulation souterraine, et nous ne saurions trop nous louer de l'heureux résultat que nous avons obtenu en provoquant l'intéressante discussion qui s'est déroulée devant la Société belge de Géologie, discussion qui a fait la lumière d'une façon complète sur bien des points jusque-là obscurs.

Dans la présente note, nous nous proposons non seulement de résumer les résultats mis en lumière au cours de cette discussion, mais encore d'y ajouter un certain nombre d'observations récentes venant, les unes confirmer ces résultats, d'autres soulever de nouvelles questions qu'il importe d'élucider complètement.

(1) Le maire d'une localité située dans le bassin d'alimentation de cette source déclarait notamment, dans une lettre adressée au Conseil d'hygiène, que l'eau mettant 9 heures pour se rendre des entonnoirs à la résurgence, ce temps était amplement suffisant, *de l'avis des médecins*, pour la dépouiller de toute souillure.

A. STRUCTURE DES RÉSEAUX VAUCLUSIENS.

Nous avons pu constater *de visu*, dans de nombreuses explorations de gouffres et de rivières souterraines, que, dans les calcaires du Jura, les eaux descendaient le plus souvent par quelques échelons très rapides à un niveau peu supérieur à celui de leur résurgence, quelquefois même à un niveau inférieur, dans le cas très fréquent des cours d'eau siphonnés (hypochètes de M. Martel). Il en résulte que, dans la partie à peu près horizontale du parcours, la *vitesse moyenne réelle* de l'eau demeure très faible en temps de sécheresse.

Cette partie subhorizontale du réseau peut traverser quelques-unes de ces vastes excavations que l'on trouve si fréquemment intercalées sur le parcours des ruisseaux souterrains dans les calcaires jurassiques; les eaux rempliront ces cavités, dont le volume est parfois considérable. Si l'on procède alors à une expérience de coloration, en basses eaux, le débit du cours d'eau sera faible par rapport au volume total des cavités intercalées sur le parcours; il faudra donc un temps relativement très long pour que le mince filet d'eau colorée à la fluorescéine, qui représente alors le débit du ruisseau, puisse donner une teinte perceptible à toute la masse d'eau accumulée dans ces réservoirs naturels. Il en résulte que l'apparition de la coloration visible à l'œil nu à la résurgence, sera considérablement retardée.

La lenteur de propagation de la fluorescéine, visible à l'œil nu, dans les expériences faites par nous dans le Jura, *vient donc confirmer, dans les réseaux souterrains étudiés, la présence de portions stagnantes et de cavités réservoirs*; c'est là le résultat que nous avons voulu principalement mettre en lumière.

Dans les régions où le calcaire se délite en bancs peu épais et aussi dans les régions crayeuses, la pente est répartie, en général, d'une façon plus uniforme sur tout le trajet du cours d'eau souterrain; les cavités très volumineuses sont beaucoup moins fréquentes; il en résulte que, dans ces régions, la vitesse moyenne d'écoulement peut être beaucoup plus rapide et qu'on peut obtenir par des colorations, même simplement visibles à l'œil nu, *des résultats tout à fait différents*.

Un autre caractère très important des réseaux vauclusiens du Jura, c'est de présenter des variations brusques et considérables de régime avec les précipitations atmosphériques, car, si les parties stagnantes subhorizontales viennent à fonctionner comme conduite en pression, la

vitesse qui, dans ces parties, avait des tendances à s'annuler en basses eaux, prend, au contraire, une valeur de plus en plus grande au fur et à mesure que la pression augmente et, suivant la disposition du réseau, il peut suffire parfois d'une précipitation relativement peu importante pour produire ce résultat (1). A ce moment, les boues chargées de bactéries, qui s'étaient décantées dans les parties stagnantes, sont brusquement remises en circulation dans le cours d'eau souterrain.

De là ces crues bactériennes subites qui ont été si bien mises en lumière par les études de M. Maréchal sur les eaux d'Arcier et sur les sources du département du Doubs (2).

On voit donc combien l'usage des eaux vaclusiennes présente de dangers, dès que leur bassin d'alimentation n'est pas vierge de toute contamination, et combien la contamination peut être intense, surtout dans les calcaires très fissurés du Jura.

L'existence de grandes cavités intercalées sur le parcours des réseaux souterrains des calcaires du Jura a été confirmée, non seulement par l'exploration directe (voir *Spelunca*, nos 21, 24, 27, 29 et 33), mais encore par de nombreuses observations de divers auteurs, notamment par celles de MM. Forel et Gollier :

Le 28 décembre 1895 (3), à midi, les vannes de l'entonnoir de Bon Port, au lac Brenet, jusqu'alors entièrement fermées, furent ouvertes; elles débitaient 0^m5,8 à la seconde; cette masse d'eau, arrivant par le cours d'eau souterrain jusqu'à la résurgence de l'Orbe, y détermina une crue qui fut enregistrée par un limnographe placé, par M. Forel, à 500 mètres en aval de la résurgence. La crue commença à 1^h,30, atteignit rapidement une valeur de 5 centimètres à 3^h,20 et continua ensuite lentement, pour atteindre une valeur de 6 centimètres à 7 heures du soir.

M. Forel conclut que la lenteur du développement de la crue ne peut s'expliquer que par la présence d'un lac souterrain (ou bien, évidemment, d'une série de cavités d'un grand volume), et il ajoute :

« L'eau, partie à midi des entonnoirs de Bon Port, aura circulé dans

(1) Nous reviendrons plus loin sur ce point.

(2) MARÉCHAL, *Étude bactériologique des sources d'Arcier*. (SOC. HIST. NAT. DU DOUBS, 1902.) — IBID., *Régime bactériologique des sources vaclusiennes dans le Doubs*. (IBID., 1903.) — IBID., *Les eaux d'alimentation dans le département du Doubs*. Besançon, Jacquin. 1903.

(3) *Le lac de l'Orbe souterraine*. (BULL. SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES, décembre 1898.)

les canaux à l'état d'eau courante jusqu'à 1^h,30, moment où elle a atteint la tête du lac souterrain. Alors a commencé la crue du lac, qui s'est traduite par le plus grand débit de la source de l'Orbe; le débit exagéré n'a d'abord pas égalé l'apport supplémentaire des eaux venant de Bon Port, le niveau du lac souterrain s'est élevé jusqu'à ce que le débit de la source ait été augmenté d'une valeur de 0^m3,80 à la seconde et, alors seulement, la crue est restée stationnaire. »

Relatant ensuite l'exploration de la résurgence faite par un scaphandrier, l'auteur conclut que la résurgence de l'Orbe est sur la branche ascendante d'un siphon renversé, dont l'autre branche aboutit à un lac souterrain. Une autre preuve de l'existence de ce lac est l'apparition, sur le tracé de l'appareil enregistreur, d'oscillations rythmiques identiques aux « seiches » des lacs ouverts.

D'après M. Forel, le lac en question ne serait pas le seul bassin d'eau interposé sur le cours de l'Orbe souterraine, car la coloration effectuée par lui dans l'entonnoir de Rocheray n'a pas mis moins de douze jours à parvenir à l'Orbe (11 kilomètres). « Cette lenteur ne s'explique que si l'on admet, en amont de notre lac de la source de l'Orbe, une série d'autres bassins étagés sur le cours de l'Orbe souterraine, *qui s'y attarde et y laisse reposer ses eaux.* »

Voici donc confirmées, par des recherches absolument indépendantes des nôtres, deux des particularités les plus remarquables de la structure des réseaux vaclusiens du Jura : 1° Existence de cavités stagnantes sur le parcours des cours d'eau ; 2° Fréquence des hypochètes (siphons inverses) au voisinage des résurgences.

La liste suivante, comprenant quelques-unes des principales expériences effectuées dans la région jurassienne, montre combien, en basses eaux, la fluorescéine, visible à l'œil nu, se propage lentement. La lenteur extrême de cette propagation a certainement, dans la plupart des cas, pour cause principale l'existence de portions stagnantes. C'est peut-être aussi à l'existence de ces cavités, qui peuvent avoir parfois un volume assez considérable, qu'il faut attribuer l'insuccès de certaines expériences; celle de Champlive, par exemple, où 7 kilogrammes de fluorescéine n'ont donné aucune coloration, même au fluorescope, dans des résurgences dont la plus éloignée est à peine à 10 kilomètres (1) des entonnoirs colorés. Il ne faut pourtant pas se dissimuler que la non-apparition de la coloration peut être due à d'autres causes.

(1) Ces résurgences ont été observées au fluorescope pendant dix-sept jours consécutifs.

PARCOURS.	LONGUEUR du PARCOURS	TEMPS EMPLOYÉ.	AUTEURS et DATE DE L'EXPÉRIENCE.
De Bon-Port à la source de l'Orbe.	3 ^k ,000	12 h., 22 h., 50 h.	Piccard, Forel et Gol- liez, 1893-1894.
De Rocheray	14 ^k ,000	288 heures.	Forel, 1894.
De Nancray à Arcier. . . .	3 ^k ,000	92 heures.	Thoinot, 1894. Jean- not, 1900.
De La Brévine à la source de la Reuse.	6 ^k ,500	312 heures.	Schardt, 1900.
De Charbenit à la source Mignot (Fraisans).	2 ^k ,000	75 h., 24 h.	M. l'agent-voyer de Fraisans, 1901.
Des Ponts à la Noiraigue . .	4 ^k ,000	156 h., 204 h.	Dubois, 1901.
Du puits de Chin-Chin à la source du Grand-Vaire.	0 ^k ,700	5 h. 30 min.	Fournier, 1901.
De Clucy à la source de Gouaille.	2 ^k ,000	3 jours.	Fournier, Piroutet, Cornu, 1901.
Pertes et résurgences au- dessous de Gouaille.	0 ^k ,200	1 h. 30 min.	Fournier, 1901.
Galerie de Levier (cana- lisée).	6 ^k ,000	2 jours.	Fournier, 1901.
De Gadeau à Saizenay . . .	2 ^k ,500	2 ¹ / ₂ jours.	Fournier, 1901.
Gellin : Pertes au-dessus de la source.	0 ^k ,150	2 h. 30 min.	Fournier, 1901.
Bouverans : Entonnoirs de la tourbière au puits Mé- tallin.	0 ^k ,220	7 heures.	Fournier, 1902.
Du puits Genty à la source de Chancey.	0 ^k ,600	3 heures.	Fournier, 1901.
Entonnoir de Pirey à la source d'Avanne.	6 ^k ,000	4 jours.	Maréchal, 1900.

PARCOURS.	LONGUEUR du PARCOURS.	TEMPS EMPLOYÉ.	AUTEURS et DATE DE L'EXPÉRIENCE.
Du Creux-sous-Roche à la vallée de la Loue.	15 ^k ,000	15 jours.	Fournier, 1898.
Du Leubot au puits de la Brème.	15 ^k ,000	15 jours.	Fournier, 1899.
Pertes du captage de Mauthier.	0 ^k ,060	30 minutes.	Fournier, 1901.
Taillecourt : De l'entonnoir à la résurgence.	0 ^k ,200	1 heure.	Fournier, 1901.
Le Crouzet : Conduite en bois.	0 ^k ,400	1 h. 30 min.	Fournier, 1901.
Busy Entonnoirs d'absorption au-dessus du captage.	0 ^k ,025	15 minutes.	Fournier, 1902.
Viéthorey : Infiltrations entre les égouts du village et la source.	0 ^k ,400	2 h. 30 min.	Fournier, 1901.
Du lac de Lamoura au Flumen (Sainte-Claude).	10 ^k ,000	9 jours.	Cadenat, 1902.
Reugney : Infiltrations entre les deux chambres de captage.	0 ^k ,100	1 heure.	Fournier, 1902.
Bourogne : Du puits à la source.	0 ^k ,500	2 heures.	Fournier, 1902.
Villers - sous - Chalamont : Pertes du captage.	0 ^k ,025	15 minutes.	Fournier, 1902.
Arc-sous-Montenot : Source de la Doye.	0 ^k ,050	45 minutes.	Fournier, 1902.
Labergement-Sainte-Marie : Des égouts à la source.	0 ^k ,400	4 heures.	Fournier, 1902.
De la source du Charmil à Chevroz.	2 ^k ,000	2 jours.	Fournier, 1902.

PARCOURS.	LONGUEUR du PARCOURS.	TEMPS EMPLOYÉ.	AUTEUR et DATE DE L'EXPÉRIENCE.
Amphion (à travers le Glaciaire).	0 ^k ,000 ^m ,80	3 heures.	Fournier, 1901.
Pretin : Perte de la source de la Vache.	0 ^k ,050	1 heure.	Fournier, 1902.
Des entonnoirs de Chancey aux résurgences de Mottey-Besuche.	3 ^k ,000	2 1/2 jours.	Fournier, 1901.
Lons-le-Saulnier : Dans les alluvions autour du sondage.	0 ^k ,050	2 jours.	Fournier, 1901.
Épenoy : Pertes et résurgences dans le vallon d'Enaloz.	0 ^k ,020	15 minutes environ.	Fournier, 1901.
Roulans : De l'entonnoir au bord du bois au réservoir	0 ^k ,400	3 heures.	Fournier, 1903.
Des Longeaux : Du haut du réservoir aux fontaines (parcours dans les conduites).	1 ^k ,000	4 heures.	Fournier, 1903.
Baume-les-Dames : Petit entonnoir du chemin des Banards à la source.	0 ^k ,500	7 heures.	E. Picard, juin 1903.
De Luxuail à Fourbanne . .	6 ^k ,000 environ.	5 jours.	E. Picard, juin 1903.
D'Autechaux à Voillans . . .	1 ^k ,000	22 1/2 heures.	—
Granges de Vaivre. Pertes de la source. }	0 ^k ,005	5 minutes.	Fournier, 17 novembre 1903.
	0 ^k ,020	30 minutes.	Fournier, 17 novembre 1903.
Orgelet : Bassin fermé aux sources de la Thorrène (8 ^k ,000 de fluorescéine).	2 ^k ,000	2 jours (visible au fluoroscope seulement).	M.-J. Claudet, 30 octobre 1903.
Etc., etc.			

Si nous comparons ces vitesses avec celles obtenues par M. Le Couppey de la Forest (1) dans les calcaires jurassiques de l'Yonne et de la Cure, nous voyons que les vitesses obtenues sont, en général, plus grandes que celles observées par nous dans le Jura; d'après ce que nous venons de voir précédemment, il faudrait simplement en conclure que, dans la région étudiée par cet auteur, les cavités stagnantes sont moins vastes et moins nombreuses que dans les calcaires du Jura, qui sont toujours stratifiés en bancs plus épais et parcourus par d'importantes diaclases. M. Le Couppey de la Forest a d'ailleurs parfaitement reconnu, dans ses expériences, l'influence retardatrice des excavations interposées.

La vitesse moyenne de propagation doit donc varier d'une façon considérable avec la nature des terrains traversés, avec la forme, la disposition et le nombre des cavités interposées, et il faut s'associer entièrement à la conclusion de M. Van den Broeck qu'« aucune thèse appliquée à l'hydrologie des calcaires ne pourrait prétendre à devenir une vérité scientifique, base d'applications pratiques judicieuses, si elle tendait à l'unification des phénomènes et des conclusions, ou à un principe immuable d'admissibilité ou d'inadmissibilité des eaux à l'utilisation alimentaire (2). »

Dans notre note à l'Académie (6 avril 1905), pour expliquer la différence qui existait entre le régime de basses eaux et le régime des crues, pendant lequel les réseaux souterrains fonctionnent en pression, nous avons cru devoir comparer les formules de Prony et Darcy à la formule d'écoulement en conduite libre. Cette comparaison ayant donné lieu à une foule d'interprétations erronées (3), il est absolument nécessaire de revenir sur cette question.

Soit (fig. 1) un cours d'eau souterrain A B C D, sur le parcours duquel se trouve intercalé un réservoir naturel dans lequel, en temps de sécheresse, les eaux restent à peu près stagnantes; il est évident que dans la portion B C la vitesse deviendra très faible et tendra même vers zéro; par conséquent, l'eau mettra un temps très long à parcourir l'espace B C et reprendra sa course de C en D avec une vitesse initiale sensiblement nulle.

(1) *Soc. belge de Géol., de Paléontol., et d'Hydrol., Pr.-Verb.*, séance du 16 juin 1903.

(2) Congrès international d'Hygiène et de Démographie du 2 au 8 septembre 1903.

(3) Ces interprétations sont dues à ce fait que la forme condensée sous laquelle nous avons été obligés de présenter ce compte rendu ne nous avait pas permis de donner à la question le développement qu'elle comportait.

Considérons au contraire le même réseau fonctionnant, en grandes eaux, comme une conduite sous pression $A' B' C' D'$ (fig. 2) ; il est bien évident que, dans le trajet $B' C'$, l'eau continue à couler sous l'influence de la pression produite par la colonne $A' B'$ et que, au sortir de $B' C'$, elle aura une vitesse initiale qui est fonction de la pression $h C'$ et qui sera par conséquent d'autant plus considérable que le point h est plus élevé. De plus, la dilatation du diamètre de la conduite dans la portion $B' C'$, au lieu d'introduire une perte de charge plus grande, en introduit au contraire une plus faible que ne le ferait une portion de conduite de même longueur et de diamètre plus faible ; c'est ce que mettent immédiatement en évidence les formules de Prony et de Darcy.

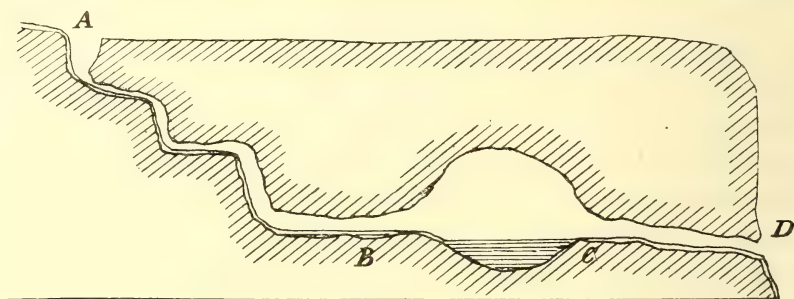


Fig. 1

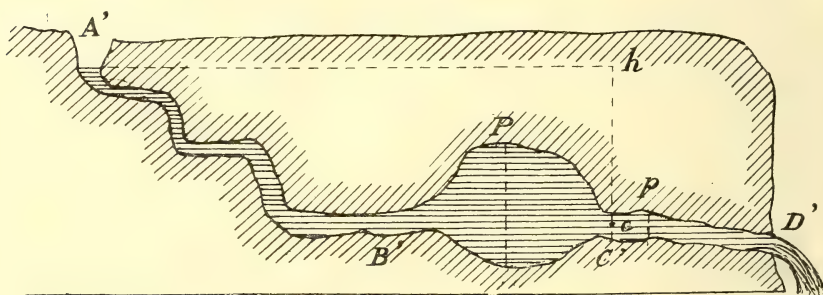


Fig. 2

Au lieu de cela, certains de nos contradicteurs ont compris que nous voulions dire que le débit qui passait en un temps t dans une section de grand diamètre P , était plus considérable que celui passant dans le même temps dans une section de plus petit diamètre p , ce qui serait évidemment absurde.

En résumé, il résulte de cette discussion qu'en ne tirant de la comparaison des formules que les déductions qu'elles comportent réellement, l'augmentation brusque et considérable de vitesse que l'on observe entre le régime d'étiage et celui des crues est dû, le plus

souvent, à la substitution du régime en conduite forcée au régime en conduite libre, et nous n'avons jamais voulu dire autre chose.

Parmi les autres particularités du régime vaclusien des calcaires jurassiques, il faut encore signaler la *multiplicité des résurgences*, la *convergence des diverses portions de bassins alimentaires vers une même résurgence*, l'*anastomose* de certaines portions des réseaux, enfin la *variabilité* possible du lieu de résurgence avec la plus ou moins grande abondance des précipitations atmosphériques.

Nous nous sommes efforcés de mettre ces points en lumière par divers exemples exposés dans des notes spéciales (1). Nous sommes heureux de constater que des recherches faites par divers hydrologues, d'une façon absolument indépendante et par des méthodes variées, sont venues confirmer nos constatations :

En étudiant les sources du Mont Chamblon à l'aide de la fluorescéine, M. Schardt a démontré que tous les *groupes de sources* de cette région étaient colorés lorsqu'on versait de la fluorescéine dans les pertes du Marais de Baulmes ; dans ces expériences de coloration, on a aussi constaté que, sur le trajet de la Feurtille au Mont Chamblon, « l'eau traverse de *vastes cavités remplies d'eau qui retardent la propagation de la coloration par le ralentissement du courant* qui s'y produit nécessairement, et surtout par *la dilution qu'elles occasionnent* (2). »

Il résulte de ces expériences que les diverses sources ne sont pas les déversoirs d'une même nappe souterraine (ce sont donc bien des résurgences multiples d'un réseau vaclusien) et que les eaux passent en siphon (*hypochète*) sous les collines de Champvent et le marais de Mathod. En outre, il est intéressant de noter que ces résurgences, bien qu'ayant une origine commune, ne sont pas à la même température.

Les expériences de M. Le Couppey de la Forest (3) ont confirmé aussi la multiplicité des résurgences ; elles ont montré en outre que la fluorescéine pouvait suivre deux chemins différents pour arriver à une même résurgence, ce qui est une preuve directe de l'anastomose ; enfin que les colorations réapparaissaient fréquemment après une pluie, fait déjà signalé par nous et montrant qu'il existe des cavités stagnantes interposées.

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1^{er} janvier 1902 ; *Spelunca*, n° 33, etc.

(2) E. VAN DEN BROECK, *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, 1903, p. 407.

(3) LE COUPPEY DE LA FOREST, *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, 16 juin 1903.

Il faut donc conclure avec M. Van den Broeck « à l'extrême complexité et l'extrême variabilité du plexus si changeant du régime hydrologique des calcaires, qui reste constituer le principal obstacle à l'obtention de garanties suffisantes de sécurité pour l'avenir, surtout en ce qui concerne la connaissance réelle et complète du régime régional ou local, et par suite l'opportunité d'utilisations alimentaires ».

Chaque résurgence doit donc être étudiée d'une façon suivie et spéciale, et si l'on veut avoir quelques garanties sérieuses, la résurgence et son bassin d'alimentation doivent rester l'objet d'une constante surveillance topographique, médicale, chimique et bactériologique.

B. EMPLOI DE LA FLUORESCÉINE ET DE SUBSTANCES DIVERSES; LEUR MARCHE DANS LES COURS D'EAU.

Après les intéressantes notes de MM. Van den Broeck, Rahir, Trillat, Martel, Dienert, Le Couppey de la Forest, etc., sur l'emploi de la fluorescéine (1) et son mode de propagation, il ne nous restera guère qu'à résumer rapidement les résultats obtenus et nous n'aurons que peu de chose à ajouter aux conclusions de ces auteurs.

M. Trillat a observé que, dans l'eau distillée, la fluorescéine donne une coloration plus intense que toutes les autres matières colorantes usitées. Dans les eaux chargées de carbonates et marquant 40° hydrotimétriques, la fluorescéine perd un peu de sa fluorescence; cette fluorescence s'atténue encore bien davantage si l'eau est trouble, même très légèrement; il faut donc filtrer pour observer la coloration (2).

Les sols calcaires décolorent toutes les solutions, sauf la fluorescéine; les sols argileux les affaiblissent toutes; les sols tourbeux les décolorent toutes, même la fluorescéine.

La présence de sels ammoniacaux (fumier) affaiblit considérablement la coloration. On peut utiliser la fuchsine acide conjointement à la fluorescéine; les autres colorants doivent, d'après M. Trillat, être rejetés.

M. Le Couppey de la Forest a insisté à juste titre sur les précautions

(1) Voir aussi CUONY, *L'emploi de la fluorescéine dans l'hydrographie*. (BULL. DE LA SOC. FRIBOURGEOISE DES SCIENCES NATURELLES; Compte rendu de 1901-1902, vol. X, pp. 34 et 36.)

(2) M. Martel a montré que la solution de fluorescéine traverse tous les filtres, même le filtre Pasteur.

à prendre pour les observations à la fluorescéine; il constate, ainsi que M. Dienert, que les eaux calcaires ont fréquemment une teinte verte que l'on pourrait confondre avec celle de la fluorescéine; cette remarque a une grande importance pour la région du Jura, où les eaux des résurgences sont le plus souvent d'un vert intense; c'est une des raisons qui nous ont poussés à augmenter la dose de fluorescéine jusqu'à pouvoir l'observer nettement à l'œil nu aux résurgences. Il signale aussi l'influence du calcaire sur les solutions colorées.

La densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau ne peut influencer en aucune façon sur la vitesse. M. Rahir a démontré, en effet, expérimentalement, que l'eau colorée par la fluorescéine n'a pas une densité supérieure à celle de l'eau non colorée. Cette conclusion paraissait d'ailleurs facile à prévoir *a priori*, la solution de fluorescéine étant visible au 40 000 000^e. Dans une autre expérience, M. Rahir a obtenu une vitesse de propagation plus grande pour la fluorescéine que pour l'amidon et, dans une troisième expérience, il a vu la fluorescéine entraînée avec les parties les plus rapides du courant.

Une autre expérience de M. Rahir est encore plus concluante, car elle a montré que la fluorescéine, en arrivant dans un bassin où la vitesse diminue, avait une tendance à se répandre dans une zone située entre la surface et le fond, et que l'avant-garde ou tête de la fluorescéine était de plus en plus diluée vers l'aval.

Ceci nous montre immédiatement *pourquoi la fluorescéine visible à l'œil nu est toujours fortement en retard sur les molécules les plus rapides de l'eau*, alors qu'en réalité ces molécules les plus rapides ont déjà incorporé de la fluorescéine à l'état de solution, mais tellement diluée qu'elle peut même échapper à l'examen fluorescopique. Il serait donc très désirable, comme l'ont dit MM. Van den Broeck et Rahir, de trouver des dispositifs permettant de prélever les échantillons de façon à ne pas laisser échapper les filets de rapidité maximum de l'eau.

Puisque la fluorescéine se propage aussi rapidement que les plus rapides molécules d'eau, il s'ensuit que la perception de la coloration de la fluorescéine, même simplement visible à l'œil nu, devrait précéder, dans des circonstances identiques, la constatation de la présence de l'amidon et du sel marin; car, si la fluorescéine est très visible au 40 000 000^e, une solution de sel à ce titre serait impossible à déceler à l'aide du nitrate d'argent; il en serait de même de la réaction de l'iode sur l'amidon. Les différences observées paraissent donc devoir

provenir des conditions de l'expérience. Ainsi pour le sel de cuisine, par exemple, les quantités employées ont été toujours extrêmement considérables. En outre, tandis qu'on peut affirmer que la solution de fluorescéine ne change pas sensiblement la densité de l'eau, on n'en peut dire autant du sel marin.

Pour l'amidon, la substance restant au voisinage de la surface, il n'y a rien d'in vraisemblable à ce qu'il arrive plus vite que la fluorescéine visible à l'œil nu.

La question de densité paraît certainement devoir jouer un rôle important, puisque M. Dienert constate que le mélange de fluorescéine et de sel a retardé la coloration et amène la partie inférieure des cours d'eau à se colorer avec une intensité plus grande que les parties superficielles. Ce retard est-il réellement dû à la variation de la densité, ou bien faut-il admettre que l'introduction du sel ait diminué le pouvoir colorant de la fluorescéine? Il est impossible de se prononcer sur ce point, jusqu'à ce qu'on ait exécuté de nouvelles expériences. L'apparition des troubles et intumescences après les pluies devrait aussi, semble-t-il, d'après les données nouvelles, être en retard sur l'apparition de la fluorescéine. En pratique il n'en est rien, car le bassin d'alimentation d'une résurgence vaclusienne ne comprend pas seulement les entonnoirs d'absorption où l'on peut effectuer les expériences de coloration : il comporte encore des parties beaucoup plus voisines de la résurgence qui sont, elles aussi, fissurées et par lesquelles pénètrent les eaux également troublées qui vont ressortir à la résurgence, après un parcours beaucoup moins long. Ces eaux remuent sur leur passage les boues de décantation chargées de bactéries, accumulées dans les cavités stagnantes ; *c'est pourquoi les crues bactériennes commencent à se manifester à la résurgence bien avant que la fluorescéine versée dans les entonnoirs d'absorption n'y apparaisse, même visible au fluorescope.* Les crues microbiennes peuvent donc se manifester d'une manière presque foudroyante à la suite d'une pluie d'orage. Cette remarque est de nature à nous inspirer la plus grande méfiance contre les eaux vaclusiennes, dès que leur bassin est susceptible de la moindre contamination.

Enfin, dans le phénomène d'intumescence des sources après la levée des vannes, il peut se manifester, dans les vasques interposées, des mouvements ondulatoires dont la propagation rapide n'a aucun rapport avec le mouvement propre de translation de l'eau.

De toutes ces considérations diverses, il résulte :

1° *Que la fluorescéine est encore jusqu'ici la seule substance que l'on*

puisse utiliser pratiquement pour établir à grande distance l'origine des résurgences; que la fuchsine peut cependant rendre des services dans certains cas particuliers;

2° Que si l'on veut se faire une idée exacte de la propagation des parties les plus rapides, *il faut observer le début de l'apparition de la coloration à l'aide du fluorescope;*

3° Qu'il reste encore *bien des points à éclaircir* sur la répartition des réactifs employés dans les courants du sous-sol et sur l'influence que ces réactifs peuvent (ainsi que les substances contenues normalement en solution dans l'eau) exercer sur la fluorescéine;

4° Que, comme l'ont fait voir MM. Martel, Schardt, Rahir, Van den Broeck, etc., nous n'avons encore qu'une *notion assez vague de ce que l'on peut appeler vitesse de l'eau* dans des cours d'eau aussi complexes que les cours d'eau souterrains dans lesquels les barrages, les cavités stagnantes, les siphons directs et inverses, les conduits tantôt en pression, tantôt libres, tout en un mot concourt à introduire des éléments perturbateurs.

Au point de vue de sa vitesse d'écoulement, chaque cours souterrain et même chaque portion de cours souterrain a son régime spécial, qui mérite d'être étudié en détail.

Malgré ces variations individuelles du régime vaclusien, il n'en est pas moins vrai qu'il ressort des études hydrologiques faites pendant ces dernières années un grand nombre de conclusions qui peuvent trouver leur application dans l'étude de tous les réseaux où les conditions sont les mêmes, mais qu'il ne faudrait pas vouloir étendre sans distinction à tous les réseaux vaclusiens.



DÉCOUVERTE

DE

TRONCS D'ARBRES-DEBOUT

AU CHARBONNAGE D'OIGNIES-AISEAU (1)

PAR

X. STAINIER

Professeur de Géologie à l'Université de Gand.

PLANCHE VI

Ce n'est pas un fait banal, dans les exploitations houillères belges, de rencontrer dans de bonnes conditions d'étude des troncs d'arbre. Cependant voilà la seconde fois que pareille chance m'arrive à bref intervalle.

Tout récemment, je décrivais une découverte de ce genre au charbonnage de Falizolle; aujourd'hui, grâce à l'obligeance de MM. Lambiotte et Thiran, respectivement directeur-gérant et directeur des travaux du charbonnage voisin, d'Oignies-Aiseau, je suis à même de publier une seconde intéressante rencontre. La Basse-Sambre semble donc offrir un gisement assez riche de ces curieux restes fossiles.

En creusant, pour la préparation d'un nouvel étage, un nouveau Nord au niveau de 320 mètres du puits n° 5 (Saint-Henry), on a rencontré une série de couches verticales bien connues dans les exploitations de la région. C'est dans le toit d'une de ces couches que l'on a recoupé sur la paroi Est du nouveau un tronc d'arbre de 6 mètres de long.

(1) Présenté à la séance du 17 novembre 1903.

Celui-ci est perpendiculaire à la couche de houille, et comme celle-ci est verticale ou à peu près, le tronc, quoique géologiquement debout, est en réalité horizontal dans le bouveau, où l'on peut ainsi l'étudier avec la plus grande facilité sur la paroi du bouveau. Pour faciliter la compréhension de ce qui va suivre, je joins à ce travail une planche où j'ai représenté les conditions de gisement de ce tronc. L'inspection de cette planche m'évitera la peine d'une longue description, et je me contenterai d'appeler l'attention sur les points qui me paraissent présenter de l'importance au point de vue des déductions que l'on en peut tirer. (Voir planche VI.)

Avant d'aborder ces points, nous dirons d'abord que la couche Grand-Saint-Martin, au toit de laquelle se trouvent les arbres, est la couche appelée 8 paumes inférieure dans le bassin de Charleroi. Elle se trouve à environ 45 mètres au-dessus de la couche Ahurie (ou Lambiotte), au toit de laquelle se trouvaient les troncs du charbonnage voisin de Falizolle :

1° Il se fait malheureusement que juste à l'endroit où l'arbre a été rencontré, une faille vient couper le terrain et l'arbre lui-même, dont l'extrémité Sud est ainsi formée par le plan poli et frotté de la faille. Ce fait nous prive, pour le moment, de la possibilité d'étudier la partie du végétal qui se trouve contre la couche, partie qui présente la plus grande importance pour trancher la question d'origine.

2° Le tronc présente, comme le montre le dessin, une ondulation manifeste. Vu l'état des lieux, je ne saurais dire s'il s'agit de ploiement contemporain de la fossilisation de l'arbre ou de plissement produit par les mouvements postérieurs d'ordre tectonique des roches encaissantes, qui se montrent dans le bouveau assez peu régulières. L'absence de stratification bien marquée juste à l'endroit où le végétal a été découvert empêche de trancher la question. Mais il y a une chose qui est certaine. A l'extrémité du tronc, vers le Nord, celui-ci présente un étranglement d'abord et un coude ensuite, qui m'ont paru incontestablement être contemporains de l'enfouissement de l'arbre. Sur place, l'étranglement m'a paru pouvoir s'expliquer de la façon suivante : Le tronc, probablement creux comme l'étaient si souvent ceux de la période houillère par suite de la rapide décomposition de leur axe médullaire et spongieux, ce tronc, dis-je, aura été aplati par la pression des sédiments qui enveloppaient l'extrémité de l'arbre produisant ainsi une sorte d'étranglement. Au bout de l'étranglement, l'arbre est nettement coudé sur un angle de près de 55°, et ce coude coïncide justement avec le moment où un nouveau genre de sédiments vient

remplacer celui dans lequel est envasée la majeure partie du tronc. Il me semble qu'il y a là une relation de cause à effet. Au moment où se produisait ce changement de sédimentation, l'extrémité de l'arbre, restée plus ou moins saillante hors des sédiments, aura été d'abord écrasée, puis pliée sous la force du courant qui amenait la boue et les produits végétaux qui constituent la couche de mur (numéro 8 de la figure 1) et la veinette schisteuse qui la surmonte.

3° La présence de la veinette schisteuse dont nous venons de parler est tout à fait accidentelle, aussi bien au charbonnage d'Oignies-Aiseau que dans tout le bassin de Charleroi. La veine Grand-Saint-Martin et la petite couche toujours inexploitable de Petit-Saint-Martin qui la surmonte à peu de distance, ces deux couches, dis-je, se retrouvent sous les noms de couches 8 paumes et 5 paumes dans tout le bassin avec une constance de caractères remarquable, sans qu'il y ait jamais, comme ici, de veinette entre les deux. Si j'insiste surtout sur ce point, c'est que à Falizolle aussi, là où se trouvaient les troncs que j'ai décrits, il y avait une petite veinette absolument locale, inconnue ailleurs. Il semblerait donc que la présence de troncs d'arbre entiers serait, tout au moins pour ces deux cas, liée à celle de phénomènes capables de produire des veinettes supplémentaires ou même, comme à Falizolle, des strates stériles anormalement plus épaisses.

4° Au voisinage du bout de l'arbre, la roche encaissante renfermait assez bien de beaux débris végétaux se rapportant très nettement au genre *Calamites*. Je n'ai pas pu voir, en les dégageant, s'ils présentaient la moindre connexion anatomique avec le tronc. Ils étaient, en tous cas, dirigés en tous sens.

5° La couche numéro 12 de la figure 1, qui forme le toit de la couche, est constituée par un schiste sableux fort compact, ne présentant que très peu d'indices de stratification et laissant l'impression de ne former qu'un seul banc de près de 6 mètres de puissance. Cette roche ne présente pas le caractère habituel de celle qui surmonte la veine Grand-Saint-Martin, elle ne présente même pas les caractères d'une roche de toit habituel. Ce n'est que tout près de la veine (couche n° 5, fig. 1) que la roche commence à présenter des indices de stratification et de schistosité mieux accusés.

6° En dégageant complètement le tronc, on a pu constater qu'il avait une section ovale dont le grand axe était disposé horizontalement (donc dirigé ici Est-Ouest). Comme le tronc ne se voyait pas dans sa plus grande dimension lors de ma visite, il faut ajouter une dizaine de centimètres à l'épaisseur du tronc, telle que je la figure sur mon dessin.

Ce tronc, malgré sa longueur déjà notable, ne présente pas d'amincissement très marqué vers le bout. Les traces de structure corticale qu'il a conservées sont tellement frustes qu'il m'a été impossible de le déterminer, même génériquement.

7° Les rares indices de stratification que présente la couche numéro 12, figure 1, montrent très bien ce retroussement vers le haut, contre le tronc d'arbre, qui a été si souvent signalé dans cette sorte de gisement.

8° A une distance d'environ 0^m,15 du plan de la faille, le tronc montre une cicatrice très bien conservée, ovulaire, d'insertion d'une branche de dimension assez forte.

9° Au-dessus du tronc principal, il y a un arbre plus mince, qui, lui, se trouve de l'autre côté de la faille et nous montre ses relations avec la couche. Ce petit arbre ne vient pas en contact avec la veine, mais on le voit en quelque sorte se fondre et disparaître dans une couche de schiste fortement rempli de débris végétaux charbonneux. Il est impossible de rendre exactement par le dessin la façon dont se fait cette terminaison inférieure de l'arbre, mais l'impression que l'observation nous a laissée est qu'il n'y a pas là d'apparence d'implantation naturelle d'un végétal dans son sol nourricier. Un arbre bien implanté se montre sous le sol étendant, en tous sens, son système de racines de plus en plus divisé, mais on ne voit pas, comme ici, l'arbre passer, en quelque sorte, par transition insensible au sédiment voisin.

10° Il doit y avoir plusieurs troncs d'arbre dans cette région du charbonnage.

En effet, pendant l'impression de ces lignes, M. Thiran a eu l'obligeance de m'informer que depuis lors, en pratiquant un chassage Est dans la veine Grand-Saint-Martin, on a recoupé, à 0^m,50 de la paroi du bouveau, un nouveau tronc, cette fois au-dessus de la faille, et allant de celle-ci jusque contre le charbon de la couche. La diminution et la forme de ce tronc lui ont paru concorder tellement bien avec les caractères du tronc de 6 mètres, qu'il n'a pas de doute qu'il ne s'agisse de l'extrémité de cet arbre. Nous aurions donc là la base de ce dernier qui, coupée par la faille, aurait été rejetée à la fois au-dessus et à l'Est de la partie de 6 mètres restée en place. N'ayant pas eu l'occasion de voir par moi-même les conditions de gisement de cette base du tronc, je ne puis rien en dire. Sur la paroi Ouest du bouveau dont nous donnons la coupe, aucune trace de végétal n'est visible.

L'observation que nous avons pu faire à Oignies-Aiseau nous a rappelé une autre observation plus ancienne, faite jadis par nous et que

nous avons négligé de publier. Nous saisissons ici l'occasion de la mettre au jour, estimant que toute découverte soigneusement étudiée a sa valeur lorsqu'il s'agit d'élucider une question encore aussi discutée que celle de l'origine des troncs-debout du Houiller.

Dans l'espèce, il s'agit d'un fragment de tronc de Calamites que j'ai pu observer au puits n° 14 du charbonnage de Monceau-Fontaine, dans la paroi Est du bouveau Sud de l'étage de 685 mètres, bouveau creusé à 250 mètres à l'Ouest du puits. Ce tronc se trouvait au toit de la première veinette, que l'on observe dans ce bouveau sous la veine Grande-Pieuse. Ce tronc, d'environ 0^m,60 de long, était coupé en deux par un rejet produit par une faille empruntant vraisemblablement un joint de stratification. Mais la chose importante, c'est que ce tronc venait dans le bas se terminer brusquement et nettement contre un petit banc de grès, alors que la roche encaissant le tronc est du schiste psammitique bien différent. La séparation entre les deux roches est très nette et il n'y a à la base du tronc aucune trace de racine. Il s'agit bien ici d'un arbre emporté et brisé par les courants, emporté plus ou moins loin de son sol natal et mêlé ultérieurement aux sédiments. L'existence de ces courants n'est que bien rarement aussi perceptible, en Belgique, que dans le cas de la formation de cette veinette. En effet, sur la paroi Est (fig. 3), le toit de la veinette n'a qu'une épaisseur minime et est rapidement remplacé par du grès, cas peu fréquent dans nos bassins. De plus, la veinette elle-même a un caractère local et disparaît par places, montrant l'irrégularité des courants où elle s'est formée. Mais c'est surtout sur la paroi Ouest (fig. 4) que ces phénomènes s'observent bien. Là la mince couche de schiste du toit de la couche a disparu, le grès repose directement sur le charbon et encore ce grès lui-même n'est que local, remplissant des sortes de chenaux creusés dans le charbon. Il semble que nous ayons sous les yeux un lit de cours d'eau ou de courant érodant la veinette déjà formée et se remplissant après de sédiments sableux indiquant des eaux agitées. Ce genre de gisement, si rare chez nous, est, au contraire, des plus fréquents dans les bassins houillers anglais, où il a été souvent décrit sous le nom de « wash-out ».

Pour épuiser tout ce que nous savons sur ce gisement, nous ajouterons que la veine Grande-Pieuse, qui se trouve au-dessus et non loin de cette veinette, présentée dans le même bouveau, et généralement aussi dans tous les points où elle a été recoupée dans les travaux de ce puits, un mode de gisement absolument anormal. Alors que cette veine est très exploitable à l'Est du puits, dans tout le bassin, sous le nom de

Mère-des-Veines, qu'elle l'est aussi à l'Ouest, dans cette région-ci elle se montre surtout au bouveau en question sous l'aspect d'une masse hétérogène n'ayant pas moins de 5 mètres d'épaisseur. Cette ouverture, tout à fait rarissime en Belgique et qui est bien originelle et non le fait de bouleversements, fait ressembler cette veine plutôt aux amas de charbons de certains bassins lacustres qu'à une véritable veine comme celle de Belgique. Cette épaisseur est presque toute occupée par des lits discontinus, irréguliers, tortueux, de charbon, de mur, de schiste charbonneux et de charbon terreux et disposés sans aucun ordre; ce qui rend la veine complètement inexploitable. Seul le lit le plus élevé de la veine, de 0^m,25 d'épaisseur, est bien régulier et continu, formé de bon charbon. C'est lui qui, en s'épaississant vers l'Ouest, devient exploitable. Le toit de la couche est formé d'un schiste noir régulier rempli de *Carbonicola* (*Anthracosia*). Tout cela semble bien indiquer qu'il y a eu dans une petite région donnée du bassin et pendant quelque temps des conditions de dépôts spéciales bien indiquées par les caractères particuliers de la veine Grande-Pieuse et de la veinette qui lui est immédiatement inférieure.



FIGURE 1

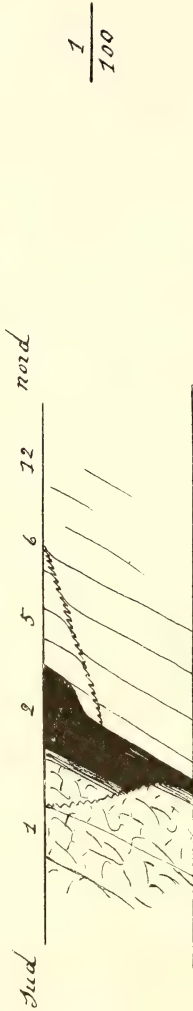
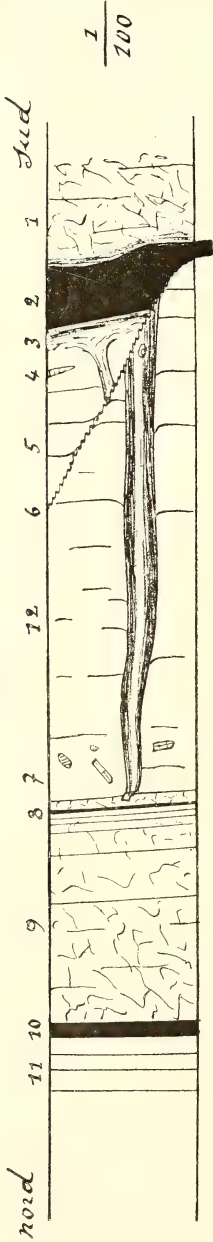


FIGURE 2

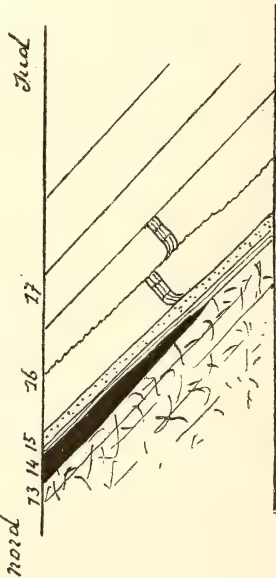
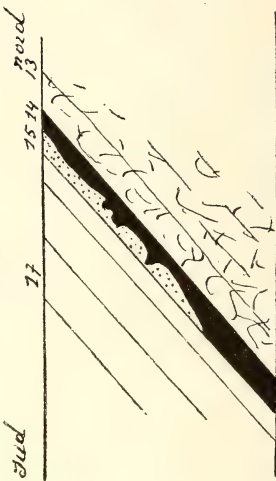


FIGURE 4



EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

FIGURE 1. — Coupe de la paroi Est du bouveau Nord, étage de 320 mètres du puits n° 5 d'Oignies-Aiseau.

1. Mur.
2. Veine Grand Saint-Martin présentant au mur une mince couche de schiste charbonneux (faux mur).
3. Schiste charbonneux feuilleté.
4. Nodules de sidérose.
5. Toit de schiste gris dur, compact.
6. Faille.
7. Nodules de sidérose et débris de calamites épais.
8. Sel de charbon schisteux reposant sur du mur schisteux.
9. Mur bien stratifié.
10. Veinette petit Saint-Martin.
11. Toit bien feuilleté.
12. Schiste siliceux compact.

FIGURE 2. — Coupe de la paroi Ouest du même bouveau.

(Même signification des numéros.)

FIGURE 3. — Coupe du bouveau Sud, étage de 685 mètres, à 250 mètres à l'Ouest du puits n° 14 de Monceau-Fontaine. Paroi Est.

13. Mur.
14. Première veinette en dessous de la veine Grande Pieuse surmontée d'une mince couche de schiste noir bien feuilleté.
15. Banc de grès.
16. Faille.
17. Schiste gris psammitique.

FIGURE 4. — Coupe du même bouveau. Paroi Ouest.

(Même signification des numéros.)

UNE GROTTE DANS LE CALCAIRE CARBONIFÈRE

à plus de 200 mètres de profondeur (1)

PAR

É. HARZÉ

Directeur général honoraire des Mines.

PLANCHES VII ET VIII

La curieuse particularité qui est l'objet de ma communication, je l'ai constatée en 1871, il y a donc un tiers de siècle, à la mine métallique d'Engis, dans une descente opérée en cours de mon service.

Je l'avais signalée à plusieurs géologues qui ont considéré le cas comme intéressant, puis elle a été perdue de vue.

C'est l'avantage des Sociétés comme la nôtre d'enregistrer, au profit de la science, des faits géologiques que leurs membres, qui ne sont pas tous des professionnels peuvent relever.

Ce vieux souvenir d'une énorme excavation naturelle rencontrée en profondeur à la mine précitée s'est réveillé en moi à la suite de nos discussions sur les grottes.

Il est utile de donner d'abord une succincte description de cette mine, exploitée par la Société de la Nouvelle-Montagne.

La planche VIII est une coupe horizontale, au niveau de sa galerie principale d'écoulement vers la Meuse, soit approximativement à la cote de + 70 mètres.

Le développement en longueur, du Sud-Ouest au Nord-Est, est de 3 1/2 kilomètres.

La mine d'Engis présente deux lignes métallifères parallèles, dis-

(1) Présenté à la séance du 17 décembre 1903.

tantes l'une de l'autre d'environ 200 mètres. C'est, d'une part, la ligne de contact du Houiller avec le calcaire supérieur ou carbonifère et, d'autre part, celle du même calcaire avec la dolomie ou calcaire magnésien.

Sur le premier alignement, on rencontre trois amas : le gîte de la *Mallieue*, le gîte du *Dos* et celui des *Fagnes*.

La seconde ligne est caractérisée par une suite de bassins de sable, dont certains présentent en profondeur des traces de substances métallifères.

Mais en réalité, ce n'est que vers le vallon transversal des Awirs que l'on a rencontré des amas bien définis. Ils ont été désignés sous le nom de gîtes des *Awirs* et portent les numéros d'ordre 1, 2 et 3. Ces gîtes plongent fortement vers l'Est.

Tous les gîtes d'Engis contiennent du zinc, du plomb et du fer, à l'état d'hydrates ou de carbonates à la partie supérieure et de sulfures en profondeur.

Deux filons plombeux, obliques et sensiblement parallèles, partent respectivement du *Dos* et des *Fagnes*, et atteignent la seconde ligne. En profondeur, ces filons deviennent stériles ; la matière remplissante n'y est plus que du carbonate de chaux.

A la *Mallieue*, on constate dans le même sens de ces filons des roches altérées, fissurées et dolomitiques.

En ce qui concerne l'aménagement de la mine, on remarque deux grandes galeries, à la fois de transport et d'écoulement, partant du fond de la vallée de la Meuse et aboutissant, l'une au gîte de la *Mallieue* et l'autre à celui du *Dos*. Cette dernière se prolonge dans la concession houillère de Bon-Espoir, appartenant également à la Société de la Nouvelle-Montagne.

Cette galerie traverse un large bassin de sable, où, lors du creusement, le niveau hydrostatique était bien supérieur à celui de la vallée, sans doute à cause de la ceinture du terrain quartzo-schisteux.

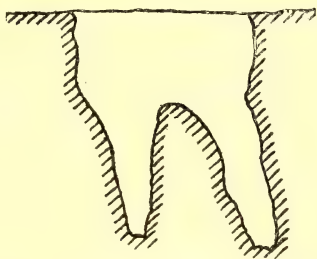
C'est aussi par suite de l'existence de cette ceinture isolante vers la Meuse que l'abondance des eaux à Engis n'a jamais été, pour une mine métallique en rapport avec l'importance des travaux.

Je me suis servi dans la description précédente des anciennes désignations géologiques. Ce sont celles qui sont indiquées sur les plans de la mine. Notre savant président, M. Stainier, par sa collaboration à la nouvelle carte, a rajeuni la géologie de toute la région. Le calcaire supérieur est devenu le calcaire carbonifère viséen, ayant à sa base les grandes dolomies de Dinant et certaines assises du Tournaisien. Quant

au quartzo-schisteux, il se trouve renseigné comme Famennien (Devonien supérieur). Enfin, la nouvelle carte rapporte le calcaire inférieur au Frasnien et les sables au Tongrien.

Le gisement qui nous intéresse ici est celui du *Dos*.

Considéré dans le sens longitudinal, le gîte présente la configuration ci-dessous d'une gigantesque dent humaine poussant ses racines en profondeur.



Aussi, en déterminant une section horizontale à 100 mètres sous l'écoulement, ce qui correspond à l'étage de 180 mètres, on coupe les deux racines, ainsi qu'il est indiqué à la figure 2 de la planche VII.

L'amas se divise de cette façon en gîte Ouest et gîte Est.

La planche VIII représente une coupe transversale, perpendiculaire au plan de contact du Houiller avec le Calcaire carbonifère, coupe passant par la racine Est. L'échelle est ici quatre fois celle du plan.

La partie hachurée est celle qui a été enlevée par les anciens au-dessus du niveau naturel des eaux. Il est peu de gîtes métalliques de l'espèce en Belgique qui n'aient été connus de nos prédécesseurs. Ils ont extrait ici le minerai de fer, le minerai de plomb et même la calamine, cette dernière substance pour la fabrication du laiton. On remarquera que cette partie renferme encore toute une zone de sable qui atteint une certaine profondeur sous le niveau naturel des eaux.

Sur la coupe, le gîte est représenté vierge dans toute la partie exploitée par la Société de la Nouvelle Montagne. On y a fait abstraction des travaux d'exploitation, tout en y laissant figurer en projection les voies d'accès, puits et travers-bancs.

On remarquera quelques détails intéressants. Tel celui d'une épaisse croûte de calamine sur une saillie d'un énorme bloc de calcaire à l'intérieur même de la zone des sulfures.

C'est en explorant, à l'étage de 205 mètres, la paroi Sud de la racine Est, paroi composée de carbonate de chaux cristallisé, que l'on a percé jusqu'à une énorme excavation naturelle, excavation dont la coupe représentée offre la configuration approximative en deux sens.

Son développement dans le sens des strates se trouvait être de 85 mètres; quant à son ouverture dans le sens transversal, elle allait jusqu'à 15 mètres.

Il m'a été impossible d'explorer cette caverne remplie de fumées de poudre. Il eût fallu aussi y installer des engins d'accessibilité.

L'existence de cette grotte à si grande profondeur et dans les circonstances qui viennent d'être indiquées, soulève des problèmes que je m'abstiendrai de résoudre.

Ma communication est absolument d'ordre descriptif.

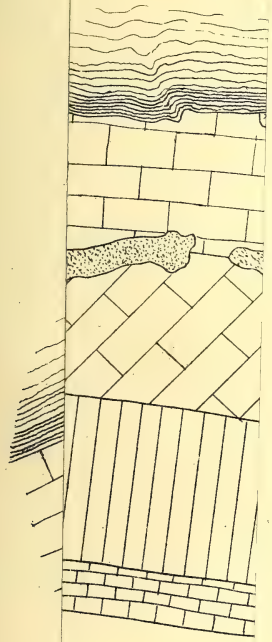
Parmi ces questions, je citerai celle-ci : Si l'excavation naturelle qui a été l'objet de ma communication est contemporaine du gîte, comment a-t-elle échappé au remplissage métallifère?

Je n'en ferai pas moins un rapprochement de faits, mais qui touche à un autre ordre d'idées.

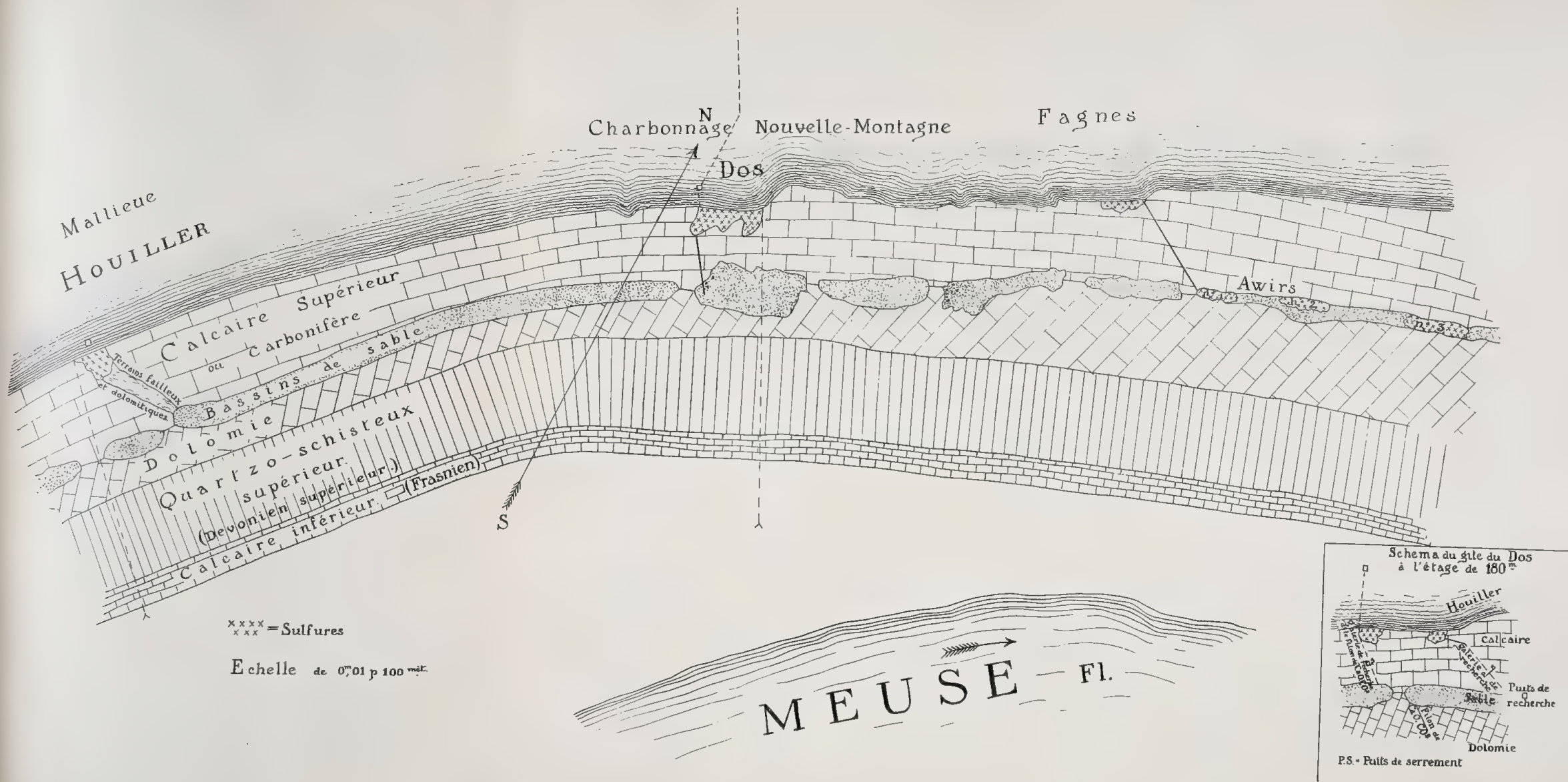
Si nous remplaçons le terrain houiller d'Engis et son calcaire carbonifère dans la position du dépôt de toute la formation, l'excavation naturelle devient sous-jacente au Houiller. Je fais ici abstraction du gîte métallifère. Or, en supposant à l'excavation la même ampleur en largeur qu'en longueur, on se trouve en présence d'un vide qui aurait pu amener dans le Houiller des affaissements propres à y expliquer la formation de puits naturels tels qu'il en existe dans le Hainaut et notamment à Bernissart. On se rappellera qu'à la Société belge de Géologie il a été question d'une telle théorie pour expliquer la présence du Wealdien et de ses Iguanodons dans un milieu de roches houillères.



F a g n



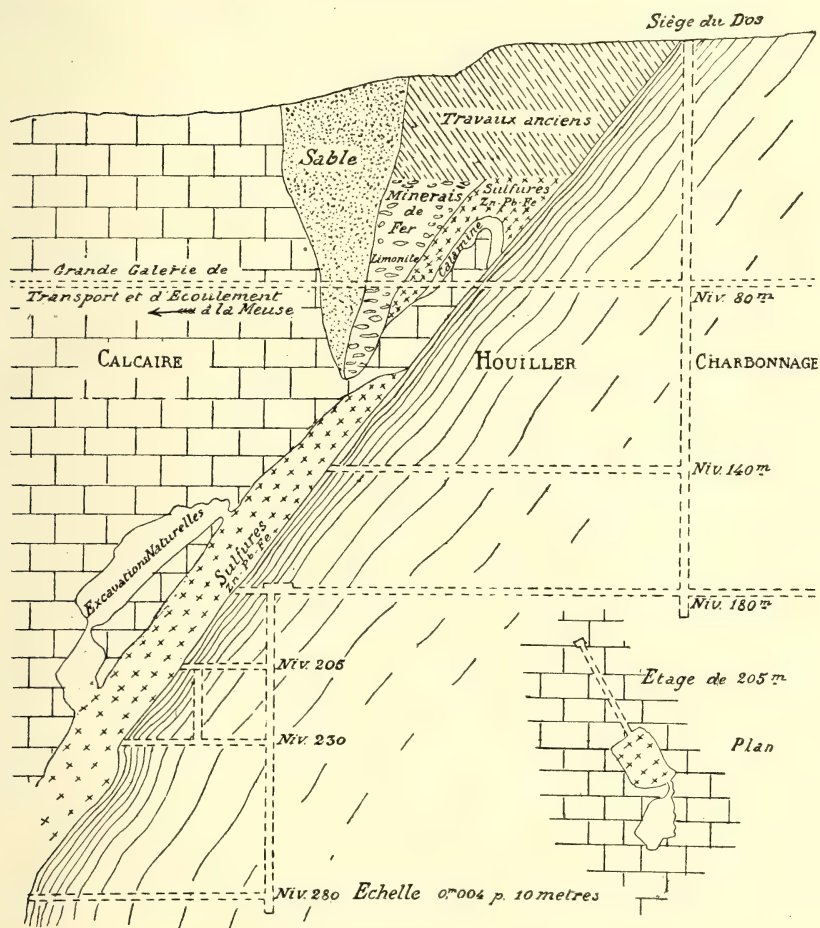
ouvelle M
(cote appr



Coupe horizontale du gisement métallique d'Engis (Nouvelle Montagne)
établie au niveau de la galerie principale d'écoulement vers la Meuse (cote approximative 70 mètres)

Émile HARZÉ

Grotte dans le Calcaire carbonifère, à plus de 200 mètres de profondeur.



COUPE TRANSVERSALE DU GISEMENT MÉTALLIQUE D'ENGIS (NOUVELLE MONTAGNE)
 PERPENDICULAIRE AU PLAN DE CONTACT DU HOUILLER AVEC LE CALCAIRE CARBONIFÈRE,
 PASSANT PAR LA RACINE EST DU GISEMENT.

LE

KÉRATOPHYRE DE GRAND-COO

PAR

E. MATHIEU (1)

Capitaine du Génie
Répétiteur à l'École militaire.

A deux reprises, en séance du 20 octobre et du 17 novembre 1903, nous avons entretenu la Société belge de Géologie de la roche verte de Grand-Coo, signalée au mois d'avril dernier par M. Massange, industriel à Stavelot, à M. G. Cumont, et dont celui-ci avait présenté des échantillons. Ayant terminé l'examen microscopique de cette roche, nous rassemblons, en un même travail, les résultats que nous avons obtenus.

* * *

Gisement. — Le chemin qui se détache de la route de Roanne-Coo à Trois-Ponts, dans la vallée de l'Amblève, pour passer au-dessus de la cascade de Coo, contourne le Mont de la Tour de Coo (voy. carte fig. 1) compris dans la boucle de la rivière, en traversant Grand-Coo, et aboutit à un gué qui conduit au bois de Lahister. Ce chemin a été tout récemment élargi en face de ce gué et prolongé vers le Sud, le long de la rive droite de la rivière. C'est ce travail d'appropriation qui a mis au jour la nouvelle roche. Elle affleure en *a* dans le talus qui a été entaillé verticalement sur une hauteur approximative de 1^m50.

La roche forme un banc de 2^m50 environ d'épaisseur, intercalé dans les roches reviniennes qui, en cet endroit, sont verticales et ont une direction E. 17° N.-E., passant un peu au Nord de la cascade de Coo.

(1) Mémoire présenté à la séance du 13 décembre 1903.

Les roches encaissantes sont, au Nord, des quartzophyllades et quartzites, et au Sud, des phyllades noirs.

La roche est gris verdâtre, très compacte et très dure. Vers le Nord, elle comprend une pâte de fond à cassure cireuse, esquilleuse, englobant des cristaux très rares, informes et petits, blanc jaunâtre, à éclat légèrement vitreux, ternis en certains endroits, et qui peuvent être des



Fig. 1.

feldspaths altérés; on distingue également des grains brillants de pyrite. Vers le Sud, la cassure est moins cireuse, et la roche rappelle à s'y méprendre un quartzite devillien que nous avons recueilli sur la route de Vielsalm à Grand-Halleux, entre les bornes 103 et 104; en outre, la pyrite est plus abondante.

Dans toute l'épaisseur du banc, les éléments sont alignés parallèle-

ment aux couches encaissantes, et donnent à la roche verte un aspect stratoïde. La couche est, en outre, divisée par deux systèmes de fissures : l'un d'eux parallèle à la stratification des roches reviniennes, (vertical dans la position actuelle) et l'autre perpendiculaire au premier et parallèle à la direction des couches (horizontal dans la position actuelle). Plusieurs de ces fissures sont remplies par des filonnets de quartz.

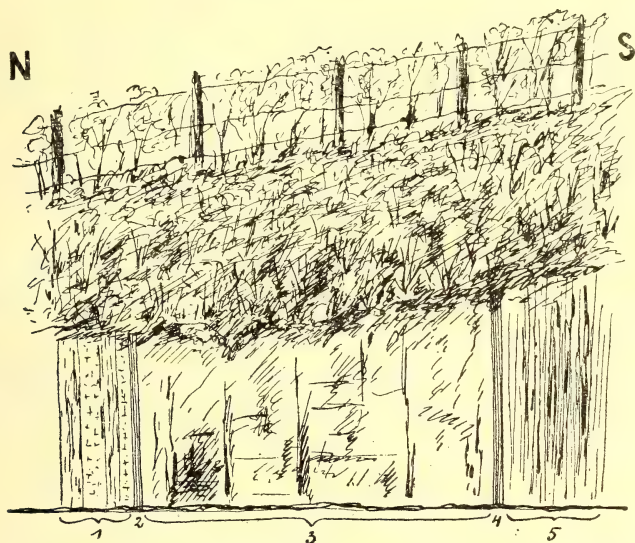


Fig. 2. — VUE DU TALUS DU CHEMIN EN *a* EN FACE DU GUÉ.

1. Quartzites et quartzophyllades reviniens.
2. Salbande de contact (altération.)
3. Kératophyre (roche compacte verte).
4. Salbande de contact (altération).
5. Phyllades reviniens (noirs).

Des deux côtés du banc, et en contact avec les couches encaissantes, on observe (voir fig. 2, en 2 et 4) deux salbandes de 0^m05 d'épaisseur, d'une teinte jaunâtre, se divisant en plaquettes de 1 centimètre à 1^m5 d'épaisseur; à la loupe, on peut constater qu'elles appartiennent encore à la roche verte intercalaire; ces salbandes sont nettement séparées de la roche verte et des couches voisines (1).

(1) M. Malaise a signalé dans un mémoire, *Sur quelques roches porphyriques de la Belgique* (BULL. DE L'ACAD. ROYALE DE BELGIQUE, 2^e sér., t. XXXVII), une roche verte découverte dans le lit de l'Amblève, à Coë. Nous avons pu constater, grâce à l'obligeance de M. Malaise, que la roche découverte récemment diffère complètement de la roche signalée par lui.

Nous avons, dans une précédente note (1), exposé les raisons qui nous ont amené à conclure que la roche en question existe également sur la rive gauche de l'Amblève, au milieu du bois de Lahister en *b*, dans le prolongement des couches de l'affleurement du gué, ainsi qu'en *c*, dans les parages de la cascade de Coo, où les couches encaissantes ont une direction E. 50° N.-E. et un pendage de 15° à 20° vers le Sud. La corrélation entre le point d'affleurement du gué et le gisement du bois de Lahister ne présente aucune difficulté. Il n'en est pas de même de la relation entre cet affleurement et le gisement de la cascade; car le prolongement de la direction E. 17° N.-E., menée par le gué, passe au Nord de la cascade, et il faudrait admettre à l'intérieur de la boucle de l'Amblève une véritable inflexion des couches avec variation de pendage. Ce point mérite donc encore un examen ultérieur.

Mais ce que l'on peut en retenir, est que la roche verte intercalaire constitue une couche continue de plus de 1 500 mètres de longueur, masquée actuellement par les dépôts quaternaires.

Composition chimique. Densité. Dureté. — L'analyse chimique (2) de la roche (partie Nord), après séchage à 140°, a donné les résultats suivants :

Si O ₂	62.00	
Ti O ₂	Traces.	
Al ₂ O ₃	14.80	
Fe ₂ O ₃ }	6.95	
Fe O }		
Mg O	0.92	
Ca O	3.65	
Na ₂ O	2.96	
K ₂ O	0.95	
H ₂ O }	5.60	(Perte par calcination)
CO ₂ }		
TOTAL. . . .	97.83	

On n'a pas dosé séparément Fe₂O₃ et FeO, ni H₂O et CO₂. Mais la roche fait fortement effervescence aux acides.

La densité, mesurée à la balance hydrostatique, est de 2.7.

(1) BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVII, 1903, *Procès-verbaux*, p. 1.

(2) M. Lindeman, professeur de chimie générale à l'École militaire, a bien voulu se charger de cette analyse. Nous tenons à lui exprimer toute notre reconnaissance.

La dureté de la roche, après sciage au lithosecteur, est comprise entre 6 et 7 (échelle de Mohs). Cependant, elle ne fait pas feu au briquet.

Les données de l'analyse chimique permettent déjà d'éliminer certaines hypothèses au sujet de l'origine de la roche. Certains échantillons, surtout ceux provenant de la cascade, paraissent, à l'œil nu, rappeler certains schistes à sérinite (*Sericitschiefer* des Allemands). Mais les schistes argileux et leurs dérivés métamorphiques se caractérisent par la prédominance de MgO sur CaO, qui n'existe qu'à l'état de traces, par une teneur élevée d'oxydes de fer et d'alumine, aussi bien que par la prédominance de K₂O sur Na₂O (1). Or, dans la roche qui nous occupe, nous voyons, au contraire, la chaux l'emporter de beaucoup sur la magnésie et la soude sur la potasse. Ces caractères seuls suffisent pour rejeter l'identification de la roche de Grand-Coo avec un membre de la famille des schistes.

Il faut plutôt, comme l'indique l'étude microscopique, rechercher parmi les roches éruptives. On ne peut la rapporter à la diabase, car celle-ci se caractérise par une teneur moyenne en SiO₂ de 50 % avec écarts très faibles de part et d'autre, et par la prédominance des oxydes RO sur les oxydes R₂O (2). L'étude microscopique fait d'ailleurs rejeter cette hypothèse.

Examen microscopique (3). — Examinée au microscope, en lumière ordinaire, la roche est très confuse; on observe des éléments incolores pour la plupart, avec intercalations de plages vert pâle qui sont de la chlorite, et des parties plus claires, plus limpides, donnant à la roche un aspect vaguement porphyrique. Les éléments colorés sont constitués par des flocons de leucoxène opalescents en lumière réfléchiée, opaques en lumière transmise, et provenant sans aucun doute de l'altération de grains d'ilménite dont quelques-uns ont été observés intacts au centre; puis des sections de pyrite.

On reconnaît encore en lumière ordinaire de rares sections d'apatite, les unes normales à l'axe *c*, les autres parallèles à cet axe, et alors tronçonnées comme cela se présente sous l'action d'un étirement; enfin quelques grains de zircon bien reconnaissables à leur fort relief et à leurs couleurs de polarisation élevées.

(1) ROSENBUSCH, *Elemente der Gesteinslehre*, 1901, 2^e édition, p. 441.

(2) IDEM, *Ibidem*, pp. 317 et 337.

(3) Les plaques minces ont été effectuées avec grand soin par la maison Voigt et Hochgesang, à Göttingen.

Ce n'est, d'ailleurs, qu'en examinant les préparations entre nicols croisés qu'on peut se rendre nettement compte de la constitution de la roche. Ce que nous appelons pâte de fond prend un aspect de mosaïque bariolée, panachée de points brillants déchiquetés qu'il faut rapporter à la séricite; on y remarque de petites plaques de calcite aux couleurs de polarisation irisées dans l'ordre élevé; des trainées chloriteuses polarisant dans le bleu lavande très foncé, mais ne s'éteignant pas simultanément en tous les points, et reconnues, par l'emploi des compensateurs, constituées d'un enchevêtrement de petits cristaux alternativement négatifs et positifs; et dans ce fouillis un agrégat de grains de feldspath et de quartz présentant nettement le phénomène de polarisation d'agrégat. La plupart de ces grains, en lumière ordinaire, paraissent souillés par une foule de petites inclusions, qui obscurcissent la couleur de polarisation du grain. Mais fréquemment, le grain est limpide au centre et se trouble insensiblement en allant vers la périphérie, phénomène qu'on peut très bien observer entre nicols croisés par ce fait que la partie limpide s'éteint simultanément avec la partie trouble.

Nous ne sommes pas parvenus à déterminer l'espèce de feldspath qui constitue le fond de la roche. Mais il est à penser, vu la teneur relativement élevée de la soude dans la roche, qu'on se trouve en présence d'un feldspath calco-sodique.

Mais outre ces inclusions signalées plus haut, on observe, empâtés dans les grains quartzeux et feldspathiques de la pâte de fond, une quantité prodigieuse de microlithes incolores, qui méritent une attention particulière. Ils sont de dimensions microscopiques et revêtent la forme de bâtonnets allongés, à terminaisons peu nettes en général, pouvant atteindre 0^{mm}002 de largeur sur 0^{mm}05 de longueur. Ils polarisent tous, comme les feldspaths et le quartz, dans les gris-bleu du premier ordre. Les uns s'éteignent en long, d'autres sont à extinction oblique; et parfois ils s'éteignent en même temps que le grain englobant. On peut déjà conclure de ce caractère d'extinction, à un minéral monoclinique; cette conclusion est confirmée par ce fait que nous avons observé plusieurs fois la section de sortie de ces microlithes dans le plan de polissage de la plaque mince, et que cette section était rhombique à extinction droite. Ces microlithes se groupent en gerbes, parfois au hasard; mais souvent, au voisinage de plages formant phénocristes, on les voit s'aligner et contourner même ces plages, en prenant une direction générale parallèle à celle des paillettes de séricite qui est, comme nous le dirons plus loin, celle du plan de pseudo-stratification. Ajoutons enfin que ces microlithes, surtout dans la partie

méridionale du banc, se couvrent de petites paillettes brillantes sub-microscopiques qui pourraient être micacées.

Ces inclusions cristallines rappellent à s'y méprendre les cristaux aciculaires signalés dans la masse de fond de la porphyroïde de Fauquez en 1876 par de la Vallée Poussin et Renard (1); nous avons pu nous en convaincre en examinant des préparations que nous avons fait faire de cette roche.

Dans la roche de Grand-Coo, nous avons mesuré l'angle d'extinction maximum de ces microlithes, qui a été trouvé de 16° sur l'axe de la zone d'allongement; celle-ci est toujours négative; l'indice de réfraction de ces microlithes est toujours inférieur à celui du minéral englobant (quartz ou feldspath); enfin les teintes basses de polarisation font conclure à une biréfringence faible, voisine de celle du quartz ou des feldspaths. Tous ces caractères réunis nous amènent à penser que ces microlithes appartiennent à la famille des zéolithes; et parmi celles-ci, on peut les rapporter, avec vraisemblance, à la scolésite, dont les caractères distinctifs sont les suivants (2): zone d'allongement négative (110) ($\bar{1}\bar{1}0$), donnant comme sections de petits listels; $n_{\text{moyen}} = 1,502$; $n_\gamma - n_\alpha = 0,008$; angle de l'axe c avec l'axe α d'élasticité optique $= 17^\circ$; système monoclinique; composition chimique: $\text{Ca O. Al}_2 \text{O}_3. (\text{Si O}_2)_3 + 4 \text{ aq.}$

En ce qui concerne la sérécite, elle sillonne les préparations dans une direction constante, en lamelles déchiquetées, à l'aspect soyeux, en lumière ordinaire, et polarisant en couleurs brillantes et chatoyantes.

Il est vraisemblable que c'est la sérécite qui donne à la roche l'aspect stratoïde; et elle est due sans aucun doute aux phénomènes de dynamo-métamorphisme. La direction de l'étirement est d'ailleurs encore plus nettement révélée dans les sections de pyrite, surtout celles de la partie Sud. Elles sont en général, dans les préparations parallèles à la pseudo-stratification, auréolées de sérécite; et elles donnent, entre nicols croisés, l'impression, en très petit, des protubérances observées dans les éclipses totales de soleil, sur la périphérie de la partie obscure. Mais les implantations de sérécite ne se font pas sur tout le pourtour des sections de pyrite; elles se concentrent aux extrémités d'un même diamètre, en général parallèle à la direction

(1) *Mémoires sur les caractères minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes de la Belgique et l'Ardenne française.* (MÉMOIRES COURONNÉS ET AUTRES MÉMOIRES PUBLIÉS PAR L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, 1876, t. XL, pp. 96 et 97.)

(2) ROSENBUSCH, *Hilfstabellen zur mikroskopischen Mineralienbestimmung in Gesteinen*, Tab. III, f.

des trainées de séricité qui sillonnent la pâte de fond. On observe, enfin, que ces auréoles n'existent pas dans les plaques perpendiculaires à la direction de stratification apparente de la roche.

Nous en arrivons à parler des plages constituant dans la roche ce qu'on appelle les phénocristes des roches porphyriques.

On observe d'abord des plages tabulaires, de contours très indécis, presque complètement épigénisées en calcite. L'envahissement est alors très irrégulier; et la calcite montre une périphérie très déchiquetée, avec indentations, laissant subsister cependant, à côté de grains de quartz de seconde formation, des lambeaux épars du minéral primitif, sans connexion aucune, mais qui présentent la même teinte basse de polarisation et s'éteignent simultanément. Leur aspect troublé, la teinte de polarisation et la nature de leurs produits d'altération, font penser que l'on se trouve en présence d'un ancien cristal de feldspath calco-sodique. Ces plages ne sont pas très grandes : 2 millimètres au maximum.

D'autres plages constituent de véritables trainées, parfois très importantes, de paillettes de muscovite, de grains de quartz, parfois avec intercalation de chlorite dans des fissures. La forme vague du contour de ces plages ne permet pas de se prononcer sur la nature du cristal primitif : peut-être un feldspath du genre orthose?

Nous avons remarqué plusieurs sections à contours également indécis, mais dont la forme rappelle le parallélogramme allongé; et toujours ces sections présentent une partie centrale de calcite avec grains épars chagrinés très petits, que nous n'avons pu déterminer, et, à la périphérie, une bordure chloriteuse mélangée de leucoxène. Ces sections représentent certainement d'anciens phénocristes ayant subi une épigénie complète, mais qu'il est difficile de spécifier.

Nous croyons qu'on peut également considérer comme vestiges d'anciens cristaux, de véritables paquets cristallins comprenant de gros grains de quartz, de feldspath et de calcite, cette dernière cimentant les premiers. Les grains de quartz ne possèdent aucun caractère clastique. Nous les croyons de seconde formation; ils montrent souvent le phénomène de polarisation d'agréats. La calcite présente fréquemment, dans ces paquets, des lamelles polysynthétiques suivant les faces du rhomboèdre $\times (01 \bar{1} 2)$, et parfois deux systèmes se coupant à 60° . Le cristal primitif, d'où proviendraient ces produits de seconde formation, est sans doute également un feldspath.

L'indécision qui règne sur la nature des feldspaths ainsi disparus, provient de l'exiguïté des sections conservées intactes, ne permettant

pas l'application des méthodes d'investigation microscopiques habituelles. Remarquons enfin l'absence complète de macles, si fréquentes parmi les plagioclases.

Une de nos préparations nous a fourni une section limpide de quartz de 1 millimètre de diamètre environ, se fondant à sa périphérie dans la pâte cristalline fondamentale, dont les bâtonnets-inclusions s'alignent alors suivant cette périphérie. Mais le contour présente une véritable invagination par laquelle la pâte de fond fait irruption dans la section. Celle-ci rappelle ainsi les sections de quartz corrodés dans les porphyres, avec cette différence cependant que les bords en sont beaucoup moins nets.

On constate, par la rotation de la platine du microscope, l'extinction simultanée de la plage limpide et de la pâte de fond qui envahit les bords sur une certaine épaisseur.

Il nous reste à dire que, dans les plaquettes des salbandes de contact, la calcite disparaît complètement, la pâte de fond conserve la même constitution, mais elle est sillonnée, parallèlement à la stratification, par des traînées brun rougeâtre, qu'on peut attribuer à de la limonite; les microlithes de zéolithes sont moins nombreux, et les phénocristes extrêmement rares. Il est hors de doute que ces salbandes sont dues à l'altération sous l'action des agents atmosphériques (1).

Conclusions. — Des considérations exposées précédemment, on peut conclure que la roche de Grand-Coo est une roche kératophyrique. Nous ferons remarquer, en passant, que les kératophyres se forment toujours dans le voisinage des diabases; or, nul n'ignore le caractère diabasique des roches éruptives découvertes dans la région avoisinante : Spa, Challes, Malmédy (2).

(1) Nous avons signalé plus haut que la roche verte du côté Sud ressemblait à un quartzite devillien de la vallée de la Salm. Nous avons fait faire dans cette roche des préparations minces. Ce quartzite est constitué de grains de quartz limpides dont les plus gros sont arrondis, et dont les plus petits sont restés anguleux et triangulaires, de grains arrondis de plagioclases peu nombreux; le tout empâté dans un ciment siliceux et sériciteux. Les grains de quartz montrent presque tous le phénomène d'extinction onduleuse, témoin des pressions auxquelles ce quartz a été soumis.

L'examen microscopique de la roche de Grand-Coo fait rejeter complètement l'hypothèse qui consisterait à la ranger parmi les quartzites.

(2) A. RENARD, *La diabase de Challes*. (BULL. DE L'ACAD. ROYALE DE BELGIQUE, 2^e sér., t. XLVI, n° 8, août 1878.) — X. STAINIER, *La diabase de Malmédy*. (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. XIV, *Mémoires*, 1888.) — X. STAINIER, *La porphyrite diabasique de Spa*. (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. XVII, *Mémoires*, 1889.)

La composition chimique de la roche de Grand-Coo se rapproche beaucoup de la composition moyenne des kératophyres. Comme on le sait, ceux-ci comprennent deux espèces, les kératophyres non quartzifères et les kératophyres quartzifères. Ils sont tous deux des roches effusives. Mais les premiers sont constitués par une masse de fond compacte ou finement grenue, colorée en vert par de la chlorite, passant au brun par altération, et englobant des cristaux de feldspath alcalin plus ou moins isométrique et de diopside le plus souvent transformé en calcite et en chlorite (1). Dans les seconds, la pâte de fond lithoïde est le plus souvent compacte, rarement à grains fins; sa couleur varie du blanchâtre au gris clair, du vert pâle au gris verdâtre, rarement du rouge sale au brunâtre; les cristaux englobés, la plupart du temps rares et petits, appartiennent à un feldspath alcalin et au quartz, rarement à un bisilicate coloré (2).

Or les caractères chimiques — prédominance de la soude sur la potasse — tendraient à faire ranger la roche dans les kératophyres non quartzifères. La teneur élevée en fer et en chaux est due sans aucun doute à un bisilicate primitif, qui se sera transformé en calcite et en chlorite. Peut-être serait-ce du diopside, dont la formule est, comme on le sait, $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{SiO}_3)_2$, et qui, par sa teneur faible en SiO_2 (54 à 56 %), fait descendre la proportion générale de SiO_2 dans la roche. Nous n'avons pas, il est vrai, découvert de diopside intact.

D'autre part, cependant, en étudiant deux préparations de kératophyres quartzifères de Nieder-Albaum et de Hofolpe en Westphalie, nous avons retrouvé le même aspect pour la pâte de fond, à part les microlithes de zéolithes. Il serait donc hasardeux de dire, dès maintenant, à quel genre de kératophyre il faut rapporter la roche de Grand-Coo.

La grande quantité de chaux trouvée dans la roche pourrait avoir deux origines : les feldspaths calco-sodiques et les bisilicates colorés du genre diopside. Elle existe encore à l'état de combinaison dans les feldspaths et les microlithes de zéolithes; mais la plus grande partie se trouve certainement dans les innombrables plages de calcite qui donnent lieu, par calcination, à une grande quantité de CO_2 .

Ayant déterminé le genre auquel appartient la roche verte de Grand-Coo, il reste à déterminer si elle est un tuf ou une roche effusive. On a en effet des exemples de tufs kératophyriques formés par une

(1) ROSEBUSCH, *Elemente der Gesteinslehre*, p. 287.

(2) IDEM, *Ibidem*, p. 270.

pluie de cendres volcaniques et de cristaux fragmentés, cimentés en place (1). N'ayant trouvé aucun phénocriste à contours primitifs bien délimités, nous n'avons pu vérifier si la roche est clastique dans ce sens du mot; nous n'avons pas non plus observé la texture cinériforme qu'on trouve parfois dans ce cas. Nous n'avons pu déterminer d'avantage si la roche est effusive. C'est donc une question encore en litige.

Nous pensons donc que la roche verte de Grand-Coo est une roche kératophyrique, formée sur les quartzophyllades reviniens (actuellement au Nord) à l'époque revinienne, puis recouverte par les phyllades reviniens (actuellement au Sud); puis que le tout a été redressé postérieurement.

Il reste d'ailleurs des témoins de la succession de ces deux phénomènes. Ainsi, dans les plages de calcite des paquets cristallins qui présentent des lamelles polysynthétiques, on observe fréquemment que ces lamelles sont infléchies et s'étalent même en buttant contre les plages de quartz adjacentes; certains grains de quartz sont fragmentés et les morceaux ont joué; enfin certains grains de quartz montrent l'extinction onduleuse. Tous symptômes qui rappellent les pressions subies par la roche lors du redressement.

Quant aux fissures observées dans le banc, on peut les attribuer au retrait par refroidissement et il est hors de doute qu'elles se seront accentuées lors du redressement des couches.

Bruxelles, décembre 1903.

(1) CH. DE LA VALLÉE POUSSIN et A.-F. RENARD, *Les tufs kératophyriques de la Mehaigne*. (MÉMOIRES COURONNÉS ET AUTRES MÉMOIRES PUBLIÉS PAR L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, 1896, t. LIV.)

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Tome XVII

(Deuxième série, tome VII)

ANNÉE 1903

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

Tome XVII. — Année 1903

LES

GISEMENTS MÉTALLIFÈRES DU KATANGA ⁽¹⁾

PAR

Jules CORNET

Docteur en Sciences,

Adjoint à l'Expédition Bia-Francqui (1891-1893).

Professeur à l'École des Mines de Mons.

INTRODUCTION.

Depuis longtemps, les différents voyageurs dont les itinéraires ont traversé les régions voisines de l'ancien royaume de Msiri ont signalé ce pays comme recélant d'importantes richesses minérales, parmi lesquelles on citait surtout le cuivre.

On trouve déjà des indications sur ce sujet dans les récits de Livingstone (2) et, plus tard, Cameron (3), outre qu'il signale des gisements de fer en plusieurs endroits du Manyéma et de l'Urua, déclare, d'après les renseignements reçus des indigènes, que « le cuivre se trouve en quantité considérable au Katanga et jusqu'à une grande distance au couchant de cette province ».

Plus récemment, Joseph Thomson nous dit que le cuivre se rencontre en abondance au Katanga et que ce pays est réputé, dans tout l'intérieur de l'Afrique, comme la source de tout le cuivre employé par les indigènes (4). Wissmann signale aussi du cuivre provenant du Katanga (5).

(1) Travail publié dans le tome VIII (1894) des *Mémoires de la Société des Sciences, Lettres et Arts du Hainaut* et déjà reproduit dans la *Revue universelle des Mines*, 1894.

(2) *Explorations dans l'intérieur de l'Afrique australe*, 1857. — *Exploration du Zambèse*, 1866, et *Dernier journal*, 1874.

(3) *A travers l'Afrique*, 1876.

(4) *To the Central African Lakes and back*, 1881.

(5) *Meine zweite Durchquerung Aequatorial Afrikas*, 1890.

Ce n'est qu'en 1885 que deux Européens, les docteurs Boehm et Reichard (1), pénétrèrent dans les territoires du Katanga proprement dit. Reichard visita les mines de cuivre de Djola (Kiola), dont il ne nous donne qu'une description très succincte, en signala plusieurs autres sans avoir l'occasion de les voir et fit mention, en indiquant sur sa carte leur position approximative, des sources thermales salines de Moachia.

Quelque temps après, les deux éminents explorateurs portugais Capello et Ivens, au cours de leur voyage à travers l'Afrique, firent un séjour de quelques semaines au royaume de Msiri, et l'un d'eux visita les mines de cuivre du mont Kalabi. Ils signalèrent, en outre, plusieurs gisements de cuivre sur la rive droite de la Lufila (2).

A peu près à la même époque, le missionnaire écossais Arnot, se rendant de Bihè à Bunkea, passa par les mines de cuivre de Miambo, situées non loin de Kazembe, à l'Ouest du Lualaba (3). Les missionnaires qui lui succédèrent à la Cour de Msiri eurent aussi l'occasion de les observer (4).

Jusque-là, le Katanga était demeuré en dehors de l'action directe des agents du Congo.

En décembre 1890, le lieutenant Paul Le Marinel, chef du district du Lualaba, dans lequel rentre le Katanga, parti de Lusambo sur le Sankuru, poussa une pointe aussi heureuse que hardie jusqu'à la capitale de Msiri (5). Forcé par les circonstances d'abrégier son séjour, il rentra à Lusambo, en août 1891, rapportant du moins la certitude de la présence de riches gisements de cuivre dans la région (6).

Enfin, en mai 1891, alors que Le Marinel était campé chez Msiri, partirent de Belgique deux expéditions chargées par la *Compagnie du Katanga* d'explorer les territoires dont l'exploitation lui avait été con-

(1) P. REICHARD, *Reise nach Urua und Katanga* (MITTHEIL. DER AFRICAN. GESELLSCHAFT IN DEUTSCHLAND, Bd IV, Heft 5, S. 303, 1885). — Carte et *Bemerkungen zur Karte* (*Ibidem*, Bd V, Heft 2, 1887).

(2) *De Angola à Contra-Costa*, 1886.

(3) ARNOT, *Garenganze*, 1890.

(4) IDEM, *Bihe and Garenganze*, 1893.

(5) *L'expédition Paul Le Marinel au Katanga* (MOUVEMENT GÉOGRAPHIQUE, 7 février 1892, n° 3).

(6) Qu'il me soit permis d'exprimer à M. P. Le Marinel ma reconnaissance la plus vive pour l'affectueuse bienveillance qu'il m'a montrée pendant mon séjour à la station de Lusambo et pour les renseignements et les conseils qu'il m'a prodigués et qui m'ont été si utiles par la suite.

cédée par l'État indépendant du Congo. Elles avaient entre autres dans leurs attributions l'étude des gisements métalliques pouvant exister sur ces territoires. La première, commandée par un officier anglais, le capitaine Stairs, devait gagner le Katanga par la côte orientale et le Tanganika (1); la seconde, sous les ordres du capitaine belge Lucien Bia, avait pour mission de s'y rendre en empruntant la voie du Congo, du Kassai et du Sankuru jusque Lusambo et marchant ensuite vers Bunkea par voie de terre (2).

Ces deux colonnes avaient été précédées en Afrique par une expédition envoyée par la *Compagnie du Congo pour le Commerce et l'Industrie*, et partie d'Europe un an auparavant. Elle avait pour chef Alexandre Delcommune, déjà connu du monde géographique par son exploration du réseau navigable du Congo, et son programme était l'exploration du bassin du haut Lualaba, jusques et y compris le Katanga. Elle arriva à Bunkea en octobre 1891. A l'expédition Delcommune était adjoint l'ingénieur N. Diderrich, qui visita les sources thermales salines de Moachia et constata la présence d'importants gisements de magnétite et d'oligiste.

M. Diderrich a été empêché par ses occupations en Europe, puis par son nouveau départ pour l'Afrique, de publier les résultats de ses observations (3).

Ayant eu l'honneur d'être adjoint à l'expédition Bia-Francqui, en qualité de géologue, j'ai eu l'occasion, pendant un séjour de plus de

(1) Au capitaine Stairs était adjoint un officier belge, le capitaine Bodson, qui avait déjà de brillants états de service en Afrique et qui mourut héroïquement, victime de son devoir, le 20 décembre 1891, près de Bunkea. Les autres membres de l'expédition étaient un gentilhomme français, M. le marquis de Bonchamps, un médecin anglais, le Dr Moloney, et un autre Anglais, M. Robinson. La destinée de l'expédition Stairs ne fut pas heureuse; après la mort de Bodson, le personnel européen fut fortement éprouvé par la maladie et la caravane ravagée par la famine et la dysenterie. Le 4 février 1891, quelques jours après notre arrivée, elle partit de son camp de Bunkea, qu'elle n'avait pas quitté depuis son arrivée dans le pays, et regagna la côte orientale. Son chef mourut à Chinde, à l'embouchure du Zambèse, au moment de s'embarquer pour l'Europe (8 juin 1892). Voyez : *L'expédition du capitaine Stairs*. (MOUVEMENT GÉOGRAPHIQUE, 24 juillet 1892, n° 15.) — *De Zanzibar au Katanga*. *Journal du capitaine Stairs*. (CONGO ILLUSTRÉ, 1893-1894.) — *Marquis de Bonchamps*. (TOUR DU MONDE, 1892.)

(2) Au capitaine Bia étaient adjoints les lieutenants Francqui et Derscheid, le Dr Amerlynck et l'auteur.

(3) Outre MM. Delcommune et Diderrich, l'expédition comprenait le Dr Paul Briart et le sergent Cassart.

huit mois dans le Katanga proprement dit, de faire l'étude des sources thermales de Kafungé et de Moachia, de plusieurs mines de cuivre et d'un assez grand nombre de gisements d'oligiste et de magnétite.

Le présent travail a pour but de donner un aperçu rapide de ces richesses minérales, en les envisageant, autant que possible, à un point de vue purement géologique, dont je ne m'écarterai que pour donner quelques renseignements, tirés de mes observations ou de celles des autres, sur la métallurgie indigène. Je dirai aussi un mot des gîtes métallifères reconnus dans d'autres parties du bassin.

I. — Géologie de la région du Katanga.

Dans des travaux précédents (1), j'ai exposé les résultats de mes observations sur la géologie de la partie Sud-Est de l'État du Congo. Je crois utile, avant de parler d'une façon spéciale des gisements métallifères de cette région, de faire un exposé rapide de la structure géologique de la contrée (2).

Voici comment j'ai cru pouvoir classer les différents systèmes stratigraphiques qui se présentent dans cette partie du bassin.

D.	{	III. Alluvions du fond des vallées.				
Terrains détri- tiques superfi- ciels.		II. Alluvions anciennes du flanc des vallées et des plateaux voisins.				
		I. Produits d'altération sur place.				
C.	{	II. Système du Lubilache.				
Formations post-primaires.		I. Système du Kundelungu.				
			2. FACIES OCCIDENTAL OU DU LUALABA.	α. FACIES ORIENTAL OU DE LA LUFILA.		
B.	{	b) BASSIN SUD-EST.	{	Système de Kazembe.	{	Système de Katete.
			{	Système de Moanga.		Système du pays des Basanga.
		{	Système de Kafunda- Mikopo.	Système des monts Muiombo.		
		a) BASSIN NORD-OUEST.	{	II. Système du Lubudi.		Système de Kilassa.
				I. Système du lac Kabele.		

(1) J. CORNET, *Die geologischen Ergebnisse der Katanga-Expedition*. (PETERMANN'S MITTHEILUNGEN, Juni 1894.) — *Les formations post-primaires du bassin du Congo*. (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, 1894.)

(2) On doit, me semble-t-il, comprendre sous le nom de *Katanga* la région comprise entre le Lualaba et le Luapula supérieur, et bornée au Nord par le neuvième

A. Terrains anciens méta- morphiques.	{	V. Système de la Lufupa.	
		IV. Système de Moachia.	Système de Moachia.
		III. Système du Nzilo.	
		II. Système du Fungé.	
		I. Système de la Kissola.	Quartzites du Lufubo.

Roches éruptives anciennes.

J'ai soigneusement évité de donner à ces différents systèmes des noms empruntés à la stratigraphie générale. L'absence de fossiles ne permet pas de déterminer leur âge avec certitude, et ce n'est que dans certains cas qu'on pourrait le faire approximativement, en se basant sur des analogies de composition ou de position avec des dépôts d'autres parties de l'Afrique, ou bien, pour les terrains anciens, en utilisant les renseignements fournis par les directions de plissement, les épanchements éruptifs, etc.

* * *

Si l'on considère, au point de vue orographique et hydrographique, l'ensemble du bassin du Congo, on remarque qu'il consiste en un vaste plateau, surélevé vers la périphérie et déprimé vers les parties centrales.

Un grand nombre de cours d'eau, descendant des hauteurs du pourtour du plateau, convergent vers le fond de la cuve, où ils se réunissent en un tronc commun qui, traversant par une brèche étroite la bordure occidentale du bassin, va se jeter dans l'Océan.

D'après les données acquises jusqu'à ce jour sur la composition du sol de cette partie de l'Afrique, *les régions élevées, qui entourent d'un cercle complet les dépressions centrales du bassin du Congo, sont partout constituées par des massifs de terrains anciens, primitifs et paléozoïques, fortement plissés.*

Les phénomènes orogéniques qui ont bouleversé ces couches anciennes et ont, en même temps, donné lieu à la dépression primitive du centre du bassin, par suite d'un phénomène d'affaissement circulaire, remontent à la fin des temps primaires et sont, par conséquent, à peu près contemporains du *Ridement du Hainaut*. C'est ce qu'on peut établir par l'étude des régions plus méridionales de l'Afrique.

Ces phénomènes aboutirent à la formation d'un relief montagneux,

parallèle et au Sud par la ligne de faite Congo-Zambèse. Ce nom provient de celui d'un ancien chef du pays, dont les héritiers furent dépossédés par Msiri, et ne s'appliquait d'abord qu'à sa capitale et au territoire avoisinant.

probablement fort élevé, entourant une région centrale déprimée et la séparant d'autres bassins analogues.

Pendant les longues périodes qui ont succédé à ces mouvements orogéniques, les massifs montagneux de la périphérie ont été l'objet d'une érosion extrêmement active dont les produits se sont accumulés en couches épaisses de schistes, de grès, etc., dans les parties déprimées occupées à cette époque par de grandes nappes lacustres. Ce sont ces formations lacustres que j'ai classées dans le bassin du Congo en deux systèmes : celui du *Kundelungu* et celui du *Lubilache*.

Après la disparition de ce régime lacustre et l'établissement du régime fluvial qui prédomine aujourd'hui, l'érosion des massifs primaires périphériques s'est poursuivie, en même temps que commençait celle des couches horizontales plus récentes, et actuellement, les hauteurs qui entourent le bassin sont réduites à des *massifs arasés, fortement surbaissés*.

Les formations lacustres, généralement horizontales, du bassin du Congo sont donc, jusqu'à un certain point, comparables à ce qu'on appelle dans le Hainaut les *Sables et argiles d'Hautrages* et que l'on classe aujourd'hui dans le Wealdien. Ce sont, des deux côtés, des formations post-primaires dues à des phénomènes continentaux, dont les produits n'ont que peu d'importance en Belgique, tandis qu'ils se sont accumulés sur des aires immenses en Afrique dans des espaces occupés par des nappes lacustres. Mais, comme en Afrique, la dénudation a eu pour résultat, dans nos régions, l'arasement des massifs montagneux élevés à la suite du *Ridement du Hainaut*.

J'ai exposé ailleurs (1) l'état de nos connaissances sur les terrains anciens du pourtour du bassin du Congo (2) et les résultats de mes études personnelles sur ceux du Sud du bassin et les formations lacustres de la région centrale. Celles-ci ont peu d'importance au point de vue qui nous occupe et je me bornerai à en dire un mot plus loin. Je me rapprocherai d'abord de mon sujet en exposant brièvement la nature des terrains anciens dans la région de la périphérie du bassin, où j'ai eu l'occasion de les étudier, c'est-à-dire au Katanga, en résumant ce que j'ai déjà publié sur cet objet.

Ils sont surtout bien développés dans la partie méridionale des bassins du Lualaba et du Luapula, où j'ai établi une série de systèmes classés dans le tableau page 6.

(1) *Die geologischen Ergebnisse*, etc. — *Les formations post-primaires*, etc.

(2) Pour ce qui concerne les terrains anciens que traverse le Congo entre le plateau central et la mer, voyez DUPONT, *Lettres sur le Congo*, 1889.

Une partie d'entre eux a subi un métamorphisme plus ou moins accentué sous l'influence de masses éruptives et surtout sous l'action de mouvements mécaniques.

Ces terrains métamorphiques sont surtout disposés selon une ligne dirigée à peu près Nord-Est-Sud-Ouest et coïncidant avec la direction des monts Nzilo ou Kigika-Luelo et des monts Bia (1). Ils se montrent en outre au Nord de cette ligne, dans la vallée de Lualaba jusqu'au confluent du Lubudi, et au Sud, ils réapparaissent en plusieurs endroits jusque dans la région des sources du Lualaba, entre des zones occupées par des terrains plus récents et non métamorphisés.

Au Nord-Ouest et au Sud-Est de cet axe métamorphique, on trouve des systèmes de couches paléozoïques plus récentes, dans lesquels le métamorphisme a été faible ou nul.

Je les décrirai successivement dans le bassin Sud-Est et dans le bassin Nord-Ouest. Dans le premier, il y a lieu de distinguer un facies oriental ou de la Lufila, et un facies occidental ou du Lualaba.

Fait digne de remarque, la direction des terrains métamorphiques est très différente de celle des couches plus récentes. Il y a là à envisager deux systèmes de plissement bien distincts. Peut-être le premier correspond-il aux mouvements pré-devoniens dont fait partie le *Ridement de l'Ardenne*. Si ce fait était établi, la question de l'âge des terrains anciens du Katanga aurait fait un pas important.

A. — Terrains métamorphiques.

I. *Système de la Kissola. — Quartzites du Lufubo.* — J'ai rangé dans ce système les chloritoschistes dirigés E. 10° S. et les calcaires blancs saccharoïdes que l'on rencontre à Kafunda Mikopo, non loin des

(1) On a appelé *monts Nzilo* ou *Kigika-Luelo* une chaîne de hauteurs qui croise le Lualaba vers 10°30' lat. Sud suivant la direction Sud-Ouest-Nord-Est et que la rivière traverse par une brèche étroite où s'étagent les *Cataractes de Delcommune*. Ces chutes, dont la première porte le nom de Nzilo, font subir au Lualaba une dénivellation de 450 mètres sur un parcours de 60 kilomètres. Les monts du Nzilo, où l'on trouve des altitudes atteignant 1 500 mètres, se prolongent vers le Nord-Est, parallèlement au Lualaba, jusque vers le confluent de la Lufila. Dans cette région, j'ai donné à la chaîne le nom de *monts Bia*. La masse principale des monts Nzilo est constituée par le système de couches auquel j'ai donné le même nom; au Nord s'y adosse un autre système métamorphique, celui de la Lufupa, et au Sud, les couches non métamorphiques de Kazembe. Quant aux monts Bia, leur axe est formé par de puissants massifs granitiques auxquels font suite vers le Nord les couches plissés de la série du Fungé. Au Sud, au contraire, les couches horizontales du plateau de la Manika (système du Kundelungu) sont directement adossées aux masses granitiques.

sources du Lualaba ; les Haelleflinta aimantifères des rives de la rivière Kissola et du village de Kaluloa, orientés Est-Ouest, et les phyllades gris-bleu aimantifères, dirigés E. 20° S., et alternant plus au Nord avec des couches analogues aux précédentes. Je rapproche de ce système les quartzites rouges sur lesquels repose, à Kilassa, le conglomérat base du système de Kilassa.

II. *Système du Fungé.* — Au Nord-Ouest de l'axe granitique des monts Bia est adossée une bande de couches anciennes qui semblent être le prolongement Nord-Est de celles du Nzilo. En s'écartant des massifs granitiques, accompagnés de gabbro, d'hyalotourmalite, etc., on rencontre d'abord des affleurements d'une sorte de micaschiste peu fissile, se rapprochant de l'itacolumite et dirigés N. 45° E., alternant avec des affleurements de granite à biotite et d'hyalotourmalite. Puis viennent des micaschistes tourmalinifères avec affleurements de granite à biotite, d'hyalotourmalite, de diabase, etc. Au delà de la vallée marécageuse du Fungé se montrent des couches de micaschistes, de quartzites noirs, de quartzites micacés, de quartzites tourmalinifères, etc., dirigés N. 45° E. On y voit des pointements de pegmatite.

Sources sulfureuses du Kafungé. — C'est à proximité de cette vallée du Fungé que jaillissent, au contact des quartzites noirs schistoïdes avec une masse de pegmatite, les sources thermales sulfureuses du Kafungé. Les eaux sortent du sol à une température dépassant 70° et dégagent une forte odeur d'hydrogène sulfuré ; elles ont déposé des amas épais d'un travertin spongieux et fragile. Les sources sont disséminées sur un espace elliptique d'environ 2 hectares de superficie ; leur produit se déverse dans le ruisseau Kafungé, affluent du Fungé. Leur débit total peut être évalué à 500 litres par seconde.

Au Nord-Ouest de la bande formée par le système du Fungé, apparaissent les couches du lac Kabele.

III. *Système du Nzilo.* — Les monts Nzilo ou Kigika-Luelo, à l'endroit où le Lualaba pénètre dans la gorge où s'étagent les Cataractes de Delcommune, présentent, en contact avec les conglomérats de la base du système de Kazembe, des couches puissantes de grès ou de quartzites, souvent feldspathiques, micacés ou aimantifères, offrant en beaucoup d'endroits les traces d'un violent laminage. Ces roches alternent avec des roches rappelant des micaschistes, avec des phyllades divers, gris, bleus ou verdâtres, des schistes à séricite, des schistes argileux peu métamorphisés, etc. L'ensemble des couches est orienté N. 40° E. On y trouve de nombreux affleurements de syénite augitique et des amas d'amphibolite portant l'empreinte du laminage.

IV. *Système de Moachia*. — Les couches de ce système affleurent en un grand nombre de points, soit entre les couches de Katété, soit entre celles du pays des Basanga, etc. ; mais ces affleurements se présentent toujours en zones très étroites. Le type de ce système se trouve près du village de Moachia, sur la rive droite de la Lufila, vers 10° 52' lat. S., où l'on voit, sur une petite plaine voisine de la rivière, les couches complètement verticales et dirigées E. 25° S. offrir au jour leurs tranches arasées. A l'endroit où le ruisseau Moachia se jette dans la Lufila, on trouve d'abord des bancs de calcaire compact bleu, puis, en marchant vers le Sud-Ouest, des couches alternantes de calcaires plus ou moins siliceux et diversement colorés, de quartzites divers, de jaspes gris, de jaspes rouges pyriteux et d'une roche siliceuse particulière, à aspect oolithique, que j'appellerai *phtanite oolithique*. Ensuite viennent des calcaires siliceux schistoïdes et des schistes calcareux, qui passent bientôt à des schistes charbonneux, noirs. Plus au Sud-Ouest, ceux-ci deviennent siliceux et passent à des sortes de phtanites noirs renfermant quelques gros noyaux de calcaire. Au delà apparaît une large zone de conglomérats formés aux dépens des roches précédentes et constituant la base du système de Katété.

Sources salines de Moachia. — A l'endroit que je viens de décrire, les couches verticales sont parcourues de fissures obliques, également verticales et orientées E. 70° S. Par ces fissures et les joints de stratification, on voit, sur une grande étendue, sortir une eau à la température de 55° à 40°, fortement chargée de sels, principalement de chlorure de sodium et de sulfate de magnésium. Cette eau donne lieu, par son évaporation constante, à la formation d'une épaisse croûte de sels couvrant une longue bande de terrain parallèle à la Lufila. Les indigènes des villages voisins recueillent ces dépôts et les agglomèrent en masses cylindriques, qui font l'objet d'un commerce important et sont exportées au loin, jusque dans le pays des Baüssi, sur la rive droite du Luapula.

V. *Système de la Lufupa*. — Il comprend la série de phyllades, quartzites, etc., que le Lualaba traverse entre le confluent de la Lufupa et celui du Lubudi. En aval de la Lufupa, on rencontre d'abord des bancs de quartzites gris brunâtre, souvent micacés et quelquefois tourmalinifères, alternant avec des phyllades gris-bleu, caractérisés par un minéral voisin de la couséranite. Puis on passe à des phyllades vert bleuâtre, satinés, striés sur les feuilletts. Toutes ces couches sont à peu près verticales et orientées N. 55° E.

En aval du village de Katolo, on voit réapparaître des phyllades gris

violacé, des quartzites et des grès en couches verticales orientées N. 55° E. A partir de 9° 40' latitude Sud, on rencontre des phyllades gris bleu en couches verticales orientées N. 25° E. ; puis des phyllades caractérisés par l'abondance d'un minéral du groupe des Clintonites, avec intercalation des quartzites gris clair et de grès chloriteux.

Des roches éruptives affleurent sur les deux rives du Lualaba, dans le district occupé par ces couches (diabase, porphyrites, amphibolites, etc.).

Les couches des systèmes métamorphiques précédents et spécialement celles de la Kissola et du Nzilo, renferment une énorme quantité de quartz en veines, noyaux, amas, etc. Ce quartz est souvent accompagné d'oligiste ou de magnétite. Mais nulle part je n'ai observé de véritable *filon* de quartz.

B. — Terrains anciens non métamorphiques.

a) BASSIN NORD-OUEST.

I. *Système du lac Kabele.* — Sur la rive gauche du Lualaba, ces couches constituent, avec les massifs granitiques de l'Est du Luföi, le relief accidenté des monts Hakansson. Sur la rive droite, elles forment la bordure occidentale des monts Bia, où elles sont appuyées sur les couches métamorphiques du Fungé.

En marchant du massif granitique du Luföi vers le Lualaba, on rencontre d'abord des schistes argileux noirâtres ou rougeâtres, des psammites rouge foncé, des grès rouge foncé ou gris, passant au quartzite. La direction de ces couches varie du N. 20° à N.-S. ; elles sont verticales ou à peu près.

Vers la vallée du Lualaba, près du lac Kabele, les quartzites dominent ; ils sont gris clair ou blancs, à grains opalins. On y trouve intercalés des schistes noirâtres, des grès et des psammites rougeâtres. Toutes ces couches sont verticales et dirigées Nord-Sud. On y trouve beaucoup de veines de quartz.

II. *Système du Lubudi.* — A 15 kilomètres en amont du confluent du Lubudi avec le Lualaba, les phyllades du système de la Lufupa sont remplacés par un nouveau système, celui du Lubudi. Il commence par un poudingue à ciment schisteux et à cailloux de quartz blanc, de quartzites, de diabase, etc., provenant du système de la Lufupa. De là jusqu'au point où le Luabo se jette dans le Lubudi, on rencontre une série de couches, se répétant plusieurs fois par suite du plissement,

verticales ou fortement redressées et dirigées N. 25° E. Elles consistent en schistes argileux à grain fin, charbonneux et noirs, ou bigarrés de noir et de rouge, ou complètement décolorés en rouge brique; en grès gris ou rouges, durs, feldspathiques et pyritifères; en quartzites noirs très durs, feldspathiques et veinés de quartz blanc; en schistes siliceux gris jaunâtre; en calcaire gris-bleu rempli de lits, veines, noyaux de chert gris clair, et en bancs épais exclusivement formés de ce chert.

Je rapproche du système du Lubudi, à cause des analogies lithologiques, les calcaires gris-bleu avec cherts qui affleurent dans le fond de la vallée du Lubilache, sous les dépôts horizontaux, depuis le village de Kalenga jusqu'au confluent du Luembe; ainsi que les calcaires et dolomies que l'on rencontre dans la vallée du bas Luembe. Le calcaire gris bleu qui affleure dans la vallée du Lubéfu, vers 5° 18' latitude Sud, appartient sans doute aussi au même système.

b) BASSIN SUD-EST.

α. *Facies orientale, ou de la Lufila.*

I. *Système de Kilassa.* — Près du village de Kilassa, au Sud-Ouest d'une crête formée par les quartzites de Lufubo, on trouve un épais poudingue à ciment schisteux et charbonneux sur lequel reposent des schistes charbonneux noirs dirigés E. 50° S.; puis viennent des calcaires gris-bleu ayant la même direction.

Dans les schistes charbonneux, on trouve en quelques endroits des veinules d'anthracite de quelques millimètres d'épaisseur. C'est sans doute là l'origine de la *houille* mentionnée par Capello et Ivens sur la rive droite de la Lufila (4).

II. *Système des monts Muiombo.* — Il commence à Makaka, au Sud de Moa Molulu, par une arkose gris-violet à très gros grains, passant au poudingue; puis viennent des schistes durs, bruns, ou des schistes rouge sang contenant des galets disséminés et passant au poudingue. Vers le Sud, on rencontre des schistes divers, dirigés, comme les couches précédentes, E. 60° S. La chaîne des monts Muiombo est entièrement constituée par ces roches.

Plus au Sud encore, on rencontre des calcaires et des schistes calcaireux.

III. *Système du pays des Basanga.* — Ces couches s'étendent sur

(4) *De Angola à Contra-Costa*, vol. II, pp. 454 et 469.

les deux rives de la Lufila, au Sud du pays occupé par les couches de Katete.

Les couches du pays des Basanga, celles des monts Muiombo, celles de Kilassa, et enfin celles de Kafunda-Mikopo, dans la région du Lualaba, présentent entre elles de grandes analogies qui font supposer que ce ne sont là que des facies d'un même système. Mais, n'ayant pu les raccorder complètement entre elles, j'en fais provisoirement des groupes distincts.

Le système du pays des Basanga commence par des conglomérats à ciment schisteux, suivis de schistes argileux gris, de schistes argileux rouge brique, de grès gris ou rouges, micacés, de schistes calcaireux et de calcaires bleus formant souvent des couches très épaisses. L'orientation générale des couches est E. 50° S.

IV. *Système de Katete.* — A la base de ce système se trouvent de puissants conglomérats, que l'on rencontre souvent en contact avec les couches du système de Moachia, comme aux sources salines de Moachia; ailleurs, les assises inférieures présentent des bancs épais d'arkose, comme à Moa Molulu, etc.

Au-dessus des conglomérats, ou des arkoses, viennent des schistes argileux gris noirâtre ou rouge foncé, souvent finement micacés, ou sableux et passant au psammite; des grès noirâtres ou rouge foncé, très durs, fréquemment micacés ou feldspathiques, quelquefois calcaireux; des calcaires, schistoïdes ou en bancs épais, de couleur foncée.

Le plus grand nombre des directions que j'ai relevées dans ces couches se rapprochent de E. 40° S.

Ce système occupe une très grande surface au Katanga, au Nord d'une ligne qui, partant de Mutanda, sur le Luapula, passe un peu au Nord de Katanga et un peu au Sud du mont Kamboke. Vers l'Est, il est recouvert par les couches horizontales du Kundelungu, et à l'Ouest par celles de la Manika appartenant également au système du Kundelungu.

Le gîte de malachite de Kioabana, au Nord-Est de Katété, est subordonné aux couches du système de Katete.

β. Facies occidental, ou du Lualaba.

I. *Système de Kafunda-Mikopo.* — Ces couches représentent le facies occidental des systèmes du pays des Basanga, des monts Muiombo, et plus spécialement du système de Kilassa.

Le système de Kafunda-Mikopo forme, entre les sources du Lualaba et la latitude de Kazembe, une succession de bassins allongés dans le sens Est-Ouest et compris entre les zones d'affleurement des couches de la Kissola.

A la base du système, on trouve, spécialement bien développés près de Kafunda-Mikopo et aux chutes voisines du village de Kabundgi, d'épais conglomérats à ciment schisteux et charbonneux, suivis de schistes noirs charbonneux avec minces veinules d'*anthracite*. Au-dessus viennent des schistes, des schistes calcareux et des calcaires. Les schistes sont plus ou moins fissiles, colorés en gris clair, en gris foncé noirâtre, en rouge brique, ou en rouge pourpre. Les calcaires sont gris ou gris bleuâtre, en bancs épais ou en lits minces et souvent pyriteux.

La direction générale des couches est Est-Ouest, comme celle des bassins qu'elles constituent.

II. *Système de Moanga*. — Il forme, au Nord des monts Nzilo, une zone étroite de conglomérats et d'arkoses représentant la base du système de Kazembe.

III. *Système de Kazembe*. — Ce système représente les couches de Katete sur les rives du Lualaba. Il commence, au contact avec les quartzites du Nzilo, par d'énormes bancs de conglomérats avec zones d'arkose, auxquels font suite, vers le Sud, des schistes, grès et calcaires rappelant ceux du système de Katete.

Ces couches sont dirigées E. 40° S.

Les couches paléozoïques qui viennent d'être succinctement décrites, présentent, quoique dans de moindres proportions que les couches métamorphiques, de nombreuses veines de quartz blanc, souvent accompagné de magnétite et d'oligiste. On n'y observe pas non plus de *filons* proprement dits.

C. — Terrains post-primaires.

Une grande partie du bassin du Congo est occupée par d'épaisses couches de grès, schistes et calcaires d'origine continentale pouvant être, dans l'ensemble, considérées comme sensiblement horizontales, et dans lesquelles il y a lieu de distinguer deux systèmes, souvent superposés, mais séparés par une discordance.

Ces formations occupent les parties centrales du bassin et, en certains endroits, s'avancent très loin sur les massifs de terrains anciens qui l'entourent comme d'une ceinture continue.

C'est Peschuel-Loesche (1) qui, dans le Congo moyen, a le premier distingué les terrains horizontaux de l'intérieur du bassin, des formations anciennes sous-jacentes. Plus tard, Dupont y a reconnu deux systèmes superposés et a prévu leur extension dans l'ensemble du bassin (2).

I. *Système du Kundelungu.* — Il correspond aux grès rouges de Dupont, qui les a étudiés dans le Congo moyen, entre les rapides de Tchumbo et Léopoldville. Au Stanley-Pool, ils disparaissent sous les couches du système supérieur des formations post-primaires, mais on les voit reparaitre sur l'Ubanghi et l'Uellé, au confluent du Lomami, aux Stanley-Falls, sur les deux rives du Tanganika, sur le Luembe inférieur, au Katanga et dans le bassin du Luapula. Au Katanga, la formation des grès rouges constitue les deux plateaux, autrefois continus, et séparés aujourd'hui par une large vallée d'érosion, du Kundelungu et de la Manika.

Au Kundelungu, ces couches se montrent avec leur développement le plus complet et présentent la succession suivante, en procédant de haut en bas :

1. Schistes argileux noirâtres.
2. Schistes calcareux grisâtres.
3. Bancs de calcaire compact, homogène, dur, sonore, gris ou brun marron, alternés de bancs schisteux.
4. Bancs de grès à très gros grains unis par un ciment kaolineux ; passant au poudingue à petits éléments.
5. Schistes analogues aux schistes 1 alternant avec des bancs de grès à grains fins, souvent feldspathiques, micacés ou plus ou moins argileux, rouge grisâtre, rouge sombre ou rouge brique.

Vers la partie supérieure, de minces zones d'un calcaire gris sont intercalées dans les schistes.

6. Schistes argileux, rouge foncé ou rouge brique, souvent finement micacés ou psammitiques, généralement peu durs.

Les schistes 6 reposent en stratification discordante sur les schistes noirâtres du système de Katete, inclinés à 50° vers N. 45° E.

II. *Système du Lubilache.* — Ce sont les quartzites et grès du Haut-Congo de Dupont.

Ce système forme la presque totalité du sous-sol du bassin du Congo,

(1) PESCHUEL-LOESCHE, *Zur Geologie des westlichen Kongo Gebiet.* (DEUTSCHE RUNDSCHAU FÜR GEOGRAPHIE UND STATISTIK, VIII, n° 7, 1886.)

(2) E. DUPONT, *Lettres sur le Congo*, 1889.

en dedans des massifs anciens périphériques. Cependant, il n'existe généralement pas sur la rive droite du haut Lualaba, au Sud du septième parallèle, et il fait défaut dans la région du Katanga.

Il consiste en puissantes assises de grès tendres, rougeâtres ou décolorés en jaune, gris, etc., accompagnés de bancs durcis, et de couches de schistes argileux ou siliceux.

Il présente son développement typique sur les rives du Lubilache (haut Sankuru) où il arrive à une épaisseur totale voisine de 300 mètres (4).

D. — Formations détritiques superficielles.

Elles peuvent, dans l'ensemble du bassin du Congo, être classées en trois catégories.

I. Les sols superficiels provenant de l'altération sur place, sans transport notable, des roches du sous-sol, sont caractérisés par l'état anguleux de leurs éléments durs. Ce sont des terres argilo-sableuses, généralement colorées en gris, en jaune ou en rouge brique. On les rencontre notamment sur les plateaux élevés qui s'étendent à la limite des bassins du Congo et du Zambèse. Elles se présentent aussi là où le sol est formé de granite à biotite, ou de roches éruptives basiques, et autour des amas de magnétite et d'oligiste du Katanga.

Ce type peut être comparé à la *latérite* de l'Inde. C'est en tout cas de beaucoup le moins répandu.

II. Dépôts du flanc des vallées et des plateaux voisins, caractérisés par la présence des cailloux roulés.

Ils consistent en couches d'alluvions argilo-sableuses grises, jaunes ou rouges, avec lits de galets, à la base seulement, ou répartis dans la masse.

Ils sont comparables aux alluvions anciennes de nos cours d'eau d'Europe. On les a souvent assimilés à tort à la latérite (Peschuel-Læsche, Chavanne, etc.). C'est Dupont qui a établi leur véritable nature, à la suite de ses études sur les rives du Congo, entre Banana et le confluent du Kassai, et je n'ai pu que généraliser ses conclusions.

III. *Alluvions du fond des vallées.* — Les unes constituent des dépôts encore en voie de formation par suite des inondations

(4) Voir sur les deux systèmes précédents : J. CORNET, *Les formations post-primaires du bassin du Congo*. (MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, 1894.)

annuelles, d'autres ont été formées dans des expansions lacustres aujourd'hui disparues.

Les dépôts alluviaux anciens du flanc des vallées et des plateaux voisins, de même que les produits d'altération sur place, renferment généralement une forte proportion d'hydroxyde de fer, qui leur donne leur teinte caractéristique.

Souvent cet hydroxyde de fer se concrétionne dans l'intérieur de la masse ou vers la base, en noyaux, amas ou en bancs stratiformes souvent fort épais, d'une sorte de limonite d'aspect scoriacé ou spongieux, fortement mélangée de sable et d'argile et empâtant fréquemment des cailloux roulés, de façon à produire des poudingues.

Cette *limonite scoriacée* contient souvent une assez forte proportion de fer pour être utilisée comme minerai par les indigènes.

ROCHES ÉRUPTIVES ANCIENNES.

Outre les roches éruptives anciennes que j'ai signalées à propos des systèmes du Fungé, du Nzilo et de la Lufupa, il existe dans la région plusieurs massifs importants.

Tel est le massif de roches granitiques qui affleure, par suite de la dénudation des couches horizontales, parallèlement aux cours du Luembe et du Lubichi. Il comprend du granite à biotite, du granite à muscovite, des pegmatites, des diorites, syénites, etc. Ce massif semble se prolonger vers l'Est, sous les couches horizontales du Lubilache, jusque sur la rive droite du Luföi, où il forme l'axe des monts Hakansson. Plus à l'Est encore, le granite reparait et forme l'axe des monts Bia. Ces massifs granitiques sont en général accompagnés de dykes de roches basiques, et, en quelques endroits, d'épanchements porphyriques. L'hyalotourmalite est aussi assez fréquente. Le granite se montre aussi le long du Lualaba, au Nord des Cataractes de Delcommune, où il est dans le prolongement des massifs des monts Bia. Entre le Lualaba et la région du haut Luembe, quelques pointements granitiques se font jour sur les rives du Lubudi. Enfin, des massifs granitiques importants existent le long de la ligne de partage Congo-Zambèse, sur la route de Kalanga à Moapé, et sur la rive droite du Luapula, au Sud-Est de Kiniama.

ROCHES ÉRUPTIVES MODERNES.

Je n'ai eu nulle part l'occasion de rencontrer des roches éruptives de la série moderne ni d'observer des traces directes de volcanisme.

Un échantillon rapporté par Capello et Ivens des limites méridionales du bassin du Lualaba (approxim. : 12° 25' lat. S. et 25° 45' lg. E. Green.) a été déterminé par M. Nery Delgado comme *phonolithe* (1). Si cette détermination est exacte, on pourra s'attendre à découvrir dans le Sud de la région des vestiges de manifestations volcaniques dont les sources thermales de Moachia et de Fungé ne sont peut-être qu'un écho affaibli. Du reste, des épanchements volcaniques modernes, accompagnés de cratères relativement récents, ont été observés à l'extrémité Nord du Nyassa (2).

Nous avons vu plus haut qu'il est impossible, jusqu'à présent, de fixer d'une façon exacte l'âge des différents systèmes qu'on peut établir dans les terrains paléozoïques du bassin du Congo.

Peut-on, en utilisant tous les documents qu'on possède sur les formations post-primaires et continentales de l'Afrique, arriver à établir le rang que doivent occuper dans la série stratigraphique celles de ces formations qui s'observent dans le bassin du Congo, puisque, de même que pour les terrains anciens, l'absence de fossiles rend impossible la détermination directe de leur âge?

Ces formations continentales sont très bien développées dans le Sud de l'Afrique, sur les territoires de la colonie du Cap, du Transvaal, de la République d'Orange, etc., et, dans ces régions, elles renferment une riche faune et une flore abondante qui ont permis de les classer dans le Permien et le Triasique.

Ce sont des couches de conglomérats, de schistes argileux de teinte foncée, souvent accompagnés de couches de houille, de grès tendres de couleur claire, etc., atteignant d'énormes épaisseurs.

Elles présentent les plus grandes analogies de flore et de faune avec d'autres formations terrestres connues dans l'Indoustan sous le nom de *couches de Gondwana* et caractérisées comme elles par la flore à *Glossopteris*. La flore à *Glossopteris* se retrouve en Afghanistan, à Bornéo, en Australie et jusque dans l'Amérique méridionale. On en a conclu qu'après les temps carbonifères, un vaste continent, comprenant l'Afrique méridionale, la péninsule indienne et une partie du continent asiatique, une portion de l'archipel malais, l'Australie et certaines régions de l'Amérique du Sud, s'étendait dans l'hémisphère austral, peuplé par la riche faune à *Anomodontes* et la flore à *Glosso-*

(1) CAPELLO et IVENS, *De Angola à Contra-Costa*, 1886, vol. II, pp. 10 et 468.

(2) J. THOMSON, *To the Central African Lakes and back*, 1881.

ptervis. C'est le *Continent de Gondwana* de Suess, répondant en partie à la *Lemuria* de Haeckel.

Ces intéressants dépôts de l'Afrique australe, à l'ensemble desquels on a donné le nom de *Formation du Karoo* (1), reposent en couches horizontales sur les terrains anciens plissés. Ils commencent par un puissant conglomérat (*conglomérat de Dwycka*) qui, avec les *schistes d'Ecra* qui l'accompagnent, forme un ensemble de plus de 1200 mètres de puissance. Ceux-ci sont surmontés des *schistes de Kimberley* à *Gan-gamopteris* (800 mètres), au-dessus desquels viennent les *grès de Beaufort* avec *Glossopteris*, *Phyllothea*, etc., *Palaeoniscus*, *Dicynodon*, etc.

Cet ensemble est l'équivalent du Permien.

Au-dessus vient le Trias, représenté par les *couches du Stormberg* avec *Glossopteris*, *Dicynodon*, *Orosaurus*, *Pachyspondylus* et *Tritylodon* (2), et riches en couches de houille.

Vers le Nord, la formation du Karoo s'étend entre le Limpopo et le Zambèse. Sur les rives de ce dernier fleuve, on trouve à Senna et plus en amont, à hauteur des monts Lupata, des couches de grès rouges rapportés au même système. Plus haut encore, aux environs de Tété, les grès sont accompagnés de couches de houille constituant un bassin houiller d'une certaine importance (3).

Si l'on se rapproche encore de l'équateur, on rencontre, au Sud et au Nord de la Rovuma, des couches horizontales de grès s'étendant depuis l'océan jusque vers 59° longitude Est. Sur les rives du Lujende, affluent de droite de la Rovuma, on trouve un bassin de schistes accompagnés de houille (4). Livingstone, qui le premier fit cette constatation, a aussi signalé de la houille sur les rives du Chiré.

Plus au Nord encore, J. Thomson a signalé des strates de grès calcaires rouges, de schistes, de lits de poudingue et quelquefois de calcaires et même de dépôts de houille. Ces couches sont le pro-

(1) Voir sur la formation du Karoo : RUPERT JONES, *On the Geology of South Africa* (54th Meeting of the British Association, 1884.)

(2) Un des plus anciens mammifères connus.

(3) LIVINGSTONE, THORNTON, *Journ. Geogr. Soc.*, 1861, XXXI, etc. — MAUCH, *Petermanns Mitteilungen*, 1874. — GUYOT, *Sur la houille du Muaraze en Zambésie*. (COMPTES RENDUS, XCV, 1882, p. 355.) — H. KUSS, *Esquisse géologique d'une partie de la Zambésie*. (BULL. SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3^e série, XII, 1883 1884, p. 303.) — E. LAPIERRE, *Note sur le bassin houiller de Tété (région du Zambèse)*. (ANNALES DES MINES, 8^e série, t. IV, 1883.) — ZEILLER, *Note sur la flore du bassin houiller de Tété*. (IBIDEM.)

(4) J. THOMSON, *Notes on the basin of the river Rovuma*. (PROCEED. ROY. GEOGR. SOC., IV, 1882.)

longement de celles de la Rovuma et s'étendent jusqu'à l'équateur en une zone étroite, parallèle à la côte. Thornton y a trouvé des *Calamites* près de Mombaza et Thomson a découvert dans ces couches des fossiles qui l'amènent à les considérer comme carbonifères (1).

Plus près des limites du bassin du Congo, sur la rivière Rukuru, affluent occidental du Nyassa, Henry Drummond (2) a signalé des couches alternantes de grès fins et de schistes, avec quelques bancs calcaires, renfermant des bivalves voisins des Tellinides et des restes de Poissons (*Acrolepis*). Non loin de là, Rhodes, en cherchant de l'or, découvrit un gisement de houille. D'après un rapport de J. Stewart, cette houille brûle facilement en se ramollissant et émettant des bulles de gaz; la couche a 7 pieds d'épaisseur et est intercalée dans une couche de schistes inclinée de 45° à l'Ouest; le lit est compact et exclusivement formé de houille de bonne qualité. On y a trouvé des macrospores de Lycopodiacées.

Cependant Drummond prétend avoir examiné le même (?) gisement et affirme que la couche est formée de lits alternatifs de houille et de matière argileuse, et que la houille brûle mal et sans flamme (3).

Sur la route de Stephenson, entre le Tanganika et le Nyassa et à peu de distance de celui-ci, Giraud a trouvé dans une localité nommée Mpata, des couches dans lesquelles Bertrand a découvert les genres *Cyrena* et *Lepidosteus* (4).

Plus récemment, J. Thomson (5) a signalé des couches de poudingues, de grès et de schistes à végétaux, formant des bassins inclus dans les massifs métamorphiques, sur les bords de la Loangua et de la Lusenfua. Des dépôts analogues se retrouvent au Sud du lac Bangwélo, dans le bassin du Congo-Luapula.

Comme tous les dépôts que je viens de passer en revue, les couches horizontales du bassin du Congo sont des formations continentales, lacustres, dont l'édification a commencé après les grands mouvements orogéniques de la fin des temps carbonifères. Tandis que dans l'Afrique australe et orientale, le dépôt de ces couches semble avoir été interrompu vers le milieu de l'époque jurassique par suite de l'affaissement

(1) J. THOMSON, *To the Central African Lakes and back*, vol. II, 1881, p. 301.

(2) H. DRUMMOND, *Notes on a recent examination of the Geology of East Central Africa*. (REP. BRIT. ASSOCIAT. ABERDEEN, 1885.)

(3) H. DRUMMOND, *Tropical Africa*, 1889.

(4) F. REYMOND, *Note sur la géologie de la région des grands lacs de l'Afrique, d'après les renseignements ou échantillons rapportés par Victor Giraud*. (BULL. SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3^e série, t. XIX, 1885-1886.)

(5) J. THOMSON, *To the Lake Bangweolo and the unexplored region of British Central Africa*. (PROCEED. ROY. GEOGR. SOCIETY.)

d'une grande partie du continent de Gondwana, ayant eu pour conséquence la formation de l'océan Indien, il a pu dans le bassin du Congo se continuer jusqu'à une époque qu'il est difficile de fixer.

Quoi qu'il en soit, les dépôts dont j'ai fait mes systèmes du Kundelungu et du Lubilache peuvent être, en bloc, rapprochés des couches de la formation du Karoo, mais il n'est pas possible de les identifier avec telle ou telle partie de ceux-ci.

A ce propos, je me permettrai de signaler un fait assez remarquable, concernant l'absence de fossiles dans les couches post-primaires du bassin du Congo.

En faisant abstraction des districts sans écoulement, l'Afrique se divise en deux régions hydrographiques : l'une, qui comprend la majeure partie du continent, déverse ses eaux directement dans l'Atlantique ou par la Méditerranée, l'autre est en grande partie tributaire de l'océan Indien.

Ces deux régions sont séparées par une grande ligne de faite qui, partant de l'isthme de Suez, longe la côte Ouest de la mer Rouge, puis, longeant la falaise abyssinienne, suit le tracé de la grande ligne de fracture de l'Afrique orientale, vient aboutir entre le Tanganika et le Nyassa, et, à partir de là, se confond avec la crête de partage Congo-Zambèse jusqu'à la rencontre avec les massifs montagneux qui courent parallèlement à la côte de l'Atlantique.

Cette grande ligne de faite est partout formée par des terrains primitifs ou paléozoïques et constitue un trait orographique dont l'origine doit remonter à la fin des temps primaires.

Or il se fait que, dans l'état actuel de nos connaissances, les formations continentales fossilifères se rencontrent exclusivement à l'Est et au Sud de cette ligne de hauteurs.

Nos couches du Kundelungu et du Lubilache en sont dépourvues, de même que les grès horizontaux du Niger, de la Bénué et de la Guinée septentrionale, de même aussi que les *grès d'Adigrat*, en Abyssinie, signalés par Blanford à l'Ouest de la grande ligne de faite (1).

En somme, nos couches horizontales du bassin du Congo ont beaucoup plus d'analogie avec celles de la Guinée septentrionale, du Niger, etc., qu'avec celles de la colonie du Cap et leurs facies plus septentrionaux (2).

(1) *Observations on the Geology and Zoology of Abyssinia*. Londres, 1870.

(2) Les conglomérats et les grès à végétaux de Pungo Andongo, dans le bassin du Kwanza, rentrent dans les dépôts continentaux du versant océanique de la chaîne côtière.

Peut-on, dès lors, espérer rencontrer dans le bassin du Congo des gisements de houille analogues à ceux de l'Afrique du Sud, du Zambèze, de la Rovuma, etc. ?

La réponse à cette question est assez délicate, mais il serait prématuré de la résoudre négativement.

L'absence de fossiles, notamment de fossiles végétaux, dans les couches du Congo n'est certes pas un argument en faveur de la présence de lits de combustible dans ces terrains, mais on doit tenir compte du petit nombre de points où ils ont été étudiés, toujours d'une façon rapide et superficielle. Des formations si puissantes et si étendues dépourvues de fossiles constitueraient un cas trop exceptionnel pour qu'on ne puisse espérer que des recherches plus soignées et faites en un plus grand nombre d'endroits en feront découvrir un jour.

En tout cas, notre avis est que, si des couches de combustible existent dans le bassin du Congo, elles sont subordonnées aux couches du Kundelungu et doivent être recherchées dans les parties les plus déprimées de la cuve paléozoïque primitive, c'est-à-dire dans les parties les plus centrales du bassin hydrographique (1).

II. — Gisements de cuivre.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, c'est dans les couches du système de Moachia que se trouvent la plupart des gites de cuivre du Katanga.

Ce métal, dans tous ses gisements, se rencontre à l'état de *malachite*. En quelques endroits, on peut trouver des fragments de chalcopryrite à demi altérée en malachite et limonite. Ce fait tend à faire admettre que les gisements de malachite du Katanga rentrent dans le cas général, c'est-à-dire qu'ils proviennent de l'altération, par les influences superficielles, de gites de pyrite cuivreuse qui doivent se retrouver intacts dans la profondeur.

(1) Cameron assure avoir vu une couche de houille épaisse de 15 à 18 pieds affleurer, en compagnie de couches de schistes, de grès et de calcaires, dans les parois des falaises bordant la rive orientale du Tanganika, au Sud de la Ruguva, vers 5°28' lat. (*A travers l'Afrique*, pp. 486, 508 et 526.) Cette observation n'a pas été confirmée. Cameron ajoute qu'il a vu un échantillon d'une houille légère, à cassure brillante, provenant de l'Itahua (Msama), entre le Sud du Tanganika et le Moëro (p. 325).

D'après STANLEY (*Continent mystérieux*, t. II, p. 456), au Sud de l'Urundi, affluent de droite du Congo, en amont de la Lowa, on trouve en abondance, au dire des Arabes, un charbon très noir et très brillant.

J'ai en l'occasion de visiter sept gisements importants de malachite. Si l'on considère que la plupart d'entre eux se sont rencontrés sur notre route ou à portée de notre itinéraire, on devra conclure qu'ils sont extrêmement nombreux dans la région et que nous n'en avons vu qu'une faible partie.

Comme on le verra plus loin, le minerai se rencontre en petits amas, en noyaux, en minces couches discontinues, en enduits, imprégnations, remplissages de fentes, de fissures et de joints de stratification, dans des schistes siliceux, quelquefois talcqueux, généralement de couleur claire, tantôt très cohérents, tantôt friables, et dans des bancs, alternant avec ces schistes, d'une roche assez spéciale, se présentant comme un quartzite carié, caverneux, pénétré de quartz cristallisé. Il semble donc, d'après l'abondance du quartz secondaire, que l'apport de chalkopyrite ait été accompagné d'une forte venue quartzreuse.

La malachite est normalement accompagnée de limonite généralement compacte, quelquefois de kupferpecherz (1) et autres minéraux accessoires.

Les couches à malachite sont généralement verticales, ou du moins fortement redressées, et, chose digne de remarque, le gîte n'est jamais continu dans la direction des couches; il peut se répéter dans cette direction, mais toujours d'une façon interrompue.

Par suite de leur plus grande résistance aux actions dénudantes, les zones occupées par ces gisements font en général fortement saillie sur le pays voisin. Elles se présentent comme des collines isolées plus ou moins coniques, ou sous forme de crêtes allongées.

Ces collines à malachite contrastent encore sur le pays environnant par ce fait qu'elles sont généralement peu boisées, voire même tout à fait dégarnies de végétation arborescente, soit que le bois ait été utilisé par les indigènes pour le traitement du minerai, soit, ce qui est plus probable, que l'aridité de leur sol siliceux et dépourvu de couverture de terre meuble ait été un obstacle à la croissance des arbres.

Les mineurs du Katanga se procurent la malachite en pratiquant des excavations grossièrement rectangulaires, des puits et même des galeries rudimentaires. Leurs procédés sont très primitifs; ils ne récoltent que les masses de minerai qui peuvent s'extraire sans peine et abandonnent dans les déblais toute la malachite à l'état de plus grande division; à tel point que ces déblais, traités par les

(1) Mélange de limonite et de chrysocolle (silicate de cuivre).

procédés européens, constitueraient des matériaux d'une grande richesse.

A l'époque de notre séjour au Katanga, le pays venait d'être profondément troublé par de longues guerres; les travaux dans les exploitations de cuivre étaient partout suspendus et semblaient l'être depuis plusieurs années.

Nous n'avons donc eu nulle part l'occasion de voir à l'œuvre les mineurs noirs. Il nous a été impossible également de nous rendre compte *de visu* de la manière dont les indigènes traitent le minerai extrait. Nous n'avons même pas réussi à découvrir aux abords des mines la trace de leurs travaux métallurgiques. Je suis porté à croire, ainsi que le missionnaire Arnot le pense pour les mines de Miambo, que la malachite sortie des mines était portée dans les villages, et que c'est là que se faisait l'extraction du métal.

Le cuivre fabriqué au Katanga est exporté au loin sous forme de lingots en croix de Saint-André, de lames, de baguettes, de fils très fins enroulés en ressort de bretelle, etc. On en fabrique différents objets, tels que bagues, bracelets, haches et lances de parade, ornements divers, etc. Les croix de Saint-André en cuivre (*hannda*), pesant de deux à trois livres, sont employées comme monnaie dans une vaste région s'étendant du Tanganika au Kassai.

Géographiquement, les mines de cuivre du Katanga sont répandues dans le Sud de la région, sur les deux rives de la Lufila. Les plus septentrionales, Kalabi et Kioabana, sont aux abords de 10°50' lat. S. A l'ouest du Lualaba, on ne connaît, à ce que je sache, que les mines de Miambo, près de Kazembe.

En dehors de ces limites, l'ingénieur Diderich a visité une mine de cuivre près de Mpala, à proximité du Tanganika, et, d'après J. Thomson, on trouve du cuivre dans l'Uvira, au Nord du Tanganika.

A. MINES DU LUSUICHI. — Ces mines, les plus importantes du Katanga, ont été l'objet, de la part des indigènes, d'une exploitation extrêmement active et pourraient encore cependant fournir une quantité considérable de cuivre. Elles sont situées au Sud des monts Muiombo, près des sources de la rivière Lusuichi, affluent du Lufubo (1).

(1) Position approximative : 14°31' lat. S., 27°33' long. E.; à 60 kilomètres S. 24° E. de Katanga et à 74 kilomètres E. 12° S. de Ntenke.

Ces mines sont ouvertes dans une colline divisée en deux massifs principaux dont le plus occidental est orienté N. 60°W. par rapport à l'autre; celui-ci est le plus élevé (1 560 m.); le sommet de l'autre ne dépasse pas 1 540 mètres.

Un grand nombre d'excavations creusées dans les deux collines par les indigènes pour l'extraction de la malachite permettent de se rendre un compte très net de leur composition géologique, et comme cette composition est pour ainsi dire le type de celle que nous retrouverons dans la plupart des autres mines de cuivre, j'ai cru devoir commencer cet exposé par l'étude des mines du Lusuichi.

Les couches qui constituent la colline sont verticales ou fortement redressées et dirigées N. 70° à 80° E. La colline occidentale présente dans une coupe perpendiculaire à la direction générale la succession suivante, en allant du Sud au Nord (fig. 1) :

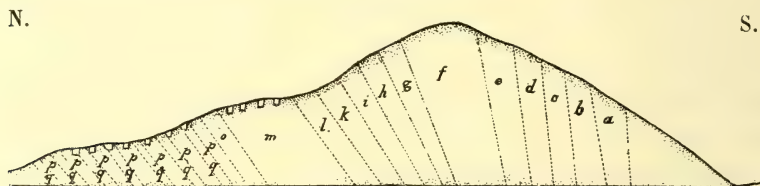


Fig. 1. — COUPE PASSANT PAR LA MINE DE LUSUICHI.

a. Schistes non fissiles, blancs ou grisâtres, tendres, criblés de cavités octaédriques remplies de limonite (pseudomorphoses).

b. Schistes nettement stratifiés, en bancs devenus caverneux, grisâtres ou blanchâtres, fortement imprégnés de quartz et prenant un aspect plus ou moins zonal. Les cavités renferment beaucoup de quartz blanc cristallisé et de la limonite compacte.

c. Schistes siliceux gris, rubanés, durs.

d. Couches schisteuses, bréchiformes, blanches, tendres.

e. Schistes blancs, tendres, renfermant des bancs puissants de limonite compacte et des amas de malachite et d'oligiste pulvérulent.

f. Schistes siliceux rougeâtres, grisâtres ou blanchâtres, pénétrés de quartz au point de passer à un véritable quartzite schistoïde. Ils sont, en général, compacts et durs; certains bancs sont caverneux, d'autres tendres et blanchâtres. Ces couches renferment de nombreuses veines de quartz, mais pas de malachite ni de limonite.

g. Schistes bleuâtres, tendres, peu fissiles, contenant de la malachite.

h. Schistes non fissiles, blancs ou grisâtres, tendres, talcueux et cuprifères.

i. Couches schisteuses, bréchiformes, peu dures, gris verdâtre, imprégnées de malachite et d'oligiste pulvérulent.

k. Schistes siliceux gris, durs, très fissiles, avec malachite et limonite abondantes.

l. Schistes siliceux gris ou noirs, peu durs, assez fissiles.

m. Schistes siliceux bleuâtres, assez tendres, très fissiles, en une couche épaisse, renfermant énormément de malachite en enduits, amas, etc., de limonite et d'oligiste pulvérulent. Cette zone a été activement exploitée.

n. Schistes siliceux gris, durs, d'aspect zonal.

o. Schistes bréchoïdes, blanchâtres ou gris, pénétrés de quartz blanc.

p. Schistes identiques à *n.*

q. Brèche formée de fragments de schistes blancs, roses et gris, avec malachite, limonite et oligiste pulvérulente. Les schistes blancs sont tendres et pénétrés de talc ; ce minéral forme en outre beaucoup de petits amas d'écailles nacrées.

Les bancs de brèche ont souvent une apparence caverneuse. Certains sont en outre imprégnés de quartz de façon à passer à un quartzite caverneux à cavités remplies de quartz cristallisé.

En continuant vers le Nord, on trouve une alternance de couches de schistes siliceux durs et de couches bréchoïdes ou cavernieuses. Celles-ci sont très riches en malachite et ont été l'objet d'une exploitation active.

La seconde colline présente vers son sommet des schistes durs, analogues à *f*, mais orientés E. 20° S. et inclinés 80° N. L'inclinaison est donc inverse et la direction sensiblement différente de celle qu'elles sont dans la première colline.

La réapparition des schistes *f* sur la seconde colline semble correspondre à un pli synclinal dans le creux duquel se trouvent les couches bréchoïdes. En effet, sur le flanc Sud de cette dernière colline, on voit une série de bancs de quartzites caverneux alternant avec des zones de schistes siliceux durs.

B. MINES DE KIMBUI ET INAMBULOA (1). — Elles sont ouvertes dans deux petites collines très voisines faisant saillie sur un pays en plateau

(1) Position approximative : 41°3' lat. S., 27°39' long. E.; à 13 kil. S. 30° E. de Moa Molulu et à 33 kil. E. 7° S. de Katanga.

légèrement ondulé. La plus importante d'entre elles (Kimbui) atteint l'altitude de 1 126 mètres, tandis que l'autre, très surbaissée, ne dépasse pas 1 090 mètres. Les deux collines sont alignées et allongées dans le sens N. 25° W., qui correspond à peu près à la direction générale des couches. Celles-ci sont, du reste, assez fortement ondulées par rapport au plan vertical.

1° *Kimbui*. — Cette colline présente une partie escarpée, reposant sur une sorte de soubassement en pente plus douce. Les couches qui la constituent sont disposées en éventail par rapport à l'axe de la colline. Tout à fait verticales dans le plan médian, elles s'écartent de chaque côté de plus en plus de la perpendiculaire en offrant une succession symétrique de strates, correspondant probablement à un pli synclinal.

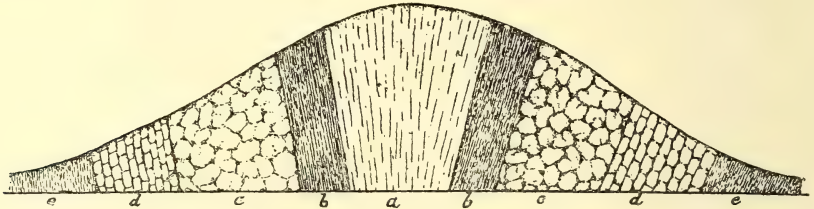


Fig. 2. — COUPE DE LA MINE DE KIMBUI.

En partant de l'axe de la colline, on rencontre successivement (fig. 2) :

a. Schistes siliceux blancs, grisâtres ou rougeâtres, très durs, assez fissiles, renfermant beaucoup de veines de quartz.

b. Schistes très feuilletés.

c. Brèche grossière, formée de fragments de schistes altérés, *pourris*, limoniteux. Cette brèche est remplie de malachite en amas et en enduits ; elle a été activement exploitée.

d. Quartzites caverneux.

e. Schistes blancs, tendres, fissiles.

2° *Inambuloa*. — Les couches sont dans le prolongement de celles de Kimbui et on en retrouve les équivalents ; mais les schistes y sont très altérés, blancs, tendres, produisant sous les influences météoriques une grande quantité d'argile gris-blanc que les pluies entraînent sur les pentes avoisinantes. Les couches de schistes siliceux durs sont ici moins importantes ; l'imprégnation de silice secondaire a été moins considérable.

La malachite se rencontre dans des schistes tendres très feuilletés,

vert clair, complètement imprégnés, et en petits amas disséminés. On trouve beaucoup de limonite compacte.

Les plissements ramènent probablement les mêmes couches un peu plus à l'Est, car, dans cette direction, on trouve des amas considérables de blocs de quartzites analogues à ceux de Kimbui.

Capello et Ivens (1) ont signalé dans ces parages une mine de cuivre (Kandumba). C'est aussi non loin de là que se trouvent les mines de Kamare indiquées sur la carte de Reichard (2).

C. MINE DE KIOABANA (5). — A environ 7 kilomètres au Nord-Est de Katete, on trouve, sur le flanc d'une colline, quatre ou cinq excavations peu importantes, qui ne sont probablement que des travaux de recherche, creusées dans des couches appartenant au système de Katete.

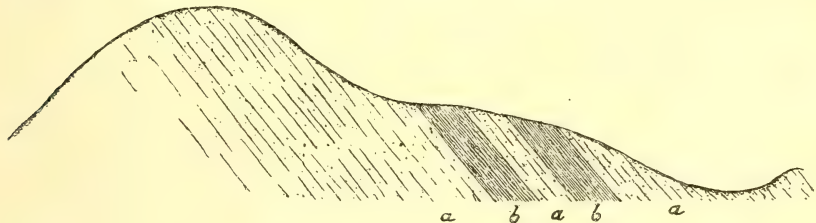


Fig. 3. — COUPE PASSANT PAR LA MINE DE KIOABANA.

Voici la coupe du gisement (fig. 3) :

a. Grès rougeâtres ou grisâtres, finement micacés, durs.

b. Schistes argileux, tendres, très fissiles, à grains très fins, de teinte gris verdâtre clair. Les feuillets sont revêtus de minces enduits de malachite et de limonite.

L'ensemble des couches est dirigé N. 45° E. inclinées 45° N.-W.

D. MINES DE KIOLA (Djola de la carte de Reichard). — Elles se trouvent à proximité de la petite rivière Tchunga, sur le plateau qui s'étend sur la rive droite de la Lufila (4).

Ces mines ont été l'objet d'une exploitation extrêmement importante, si l'on en juge par le grand nombre d'excavations encore existantes et la quantité de déblais accumulés aux alentours.

(1) *De Angola à Contra-Costa*, vol. II, p. 174.

(2) *Mittheil. Afrik. Gesellsch.*, 1887.

(3) Position approximative : 40°52' lat. S., 27°57' long. E.; à 7 kil. N. 45° E. de Katete. Altitude : 1010 mètres.

(4) Position approximative : 11°8' lat. S., 27°14' long. E.; à 17 kil. S. 45° W. de Katanga. Altitude : 1 180 mètres.

Ces excavations sont disséminées sur un espace elliptique à peu près plan et complètement déboisé de 800 mètres de long sur 500 de large.

Dans les travaux d'exploitation situés vers l'extrémité Nord de cette petite plaine, on observe des schistes siliceux altérés, blancs, ordinairement tendres, et prenant souvent l'aspect bréchoïde. Les joints et les fissures sont remplis de malachite; le minerai, accompagné de limonite compacte et d'oligiste pulvérulente, s'y rencontre également en petits amas.

La direction des couches est S. 40° E. et leur inclinaison 60° à 70° vers N.-E.

Vers le Sud de la clairière, des excavations très importantes montrent des schistes siliceux beaucoup moins altérés; certains bancs sont tout à fait intacts et très durs; ceux-là sont pauvres en minerai.

Une des excavations (fig. 4) montre les schistes siliceux assez fortement plissés. Dans la partie supérieure de la coupe, la roche est désagrégée et forme une brèche remplie de malachite accompagnée de limonite.

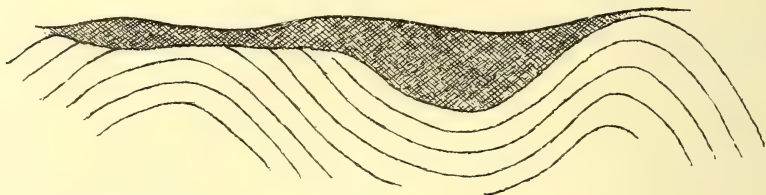


Fig. 4. — COUPE PRISE AUX MINES DE KIOLA.

A l'extrémité méridionale des exploitations, la roche se présente comme un quartzite jaspé zonaire, très dur.

C'est aux mines de Kiola que j'ai trouvé des fragments de chalkopyrite en partie altérés en malachite, limonite et kupferpecherz.

Ce fait tend à prouver que ce gisement, et sans doute la généralité de ceux du Katanga, rentrent dans le cas normal, c'est-à-dire qu'ils sont les *chapeaux de fer* de gîtes de pyrite cuivreuse.

E. MINES DU MONT KITULU (1). — On trouve au mont Kitulu des exploitations assez importantes dont je n'ai pu faire qu'un examen rapide. Les roches sont des schistes siliceux durs, blanchâtres, et des quartzites gris ou blancs, tantôt compacts, tantôt caverneux, prenant

(1) Position approximative : 11°3' lat. S., 26°52' long. E.; à 37 kil. N. 5° W. de Ntenke et 52 kil. E. 4° S. de Katanga.

souvent un aspect porcelané. Les couches sont à peu près verticales et dirigées E. 20° S. La malachite s'y rencontre en enduits, en imprégnation, en remplissages de fissures et en petits amas; elle est accompagnée de limonite, oligiste pulvérulent et kupferpecherz. Les roches cuprifères ont souvent un aspect bréchoïde.

F. MINES DU MONT KAMBOBE (1). — Le mont Kamboke se trouve à la limite du bassin du Dikulue et du bassin supérieur de la Lufila.

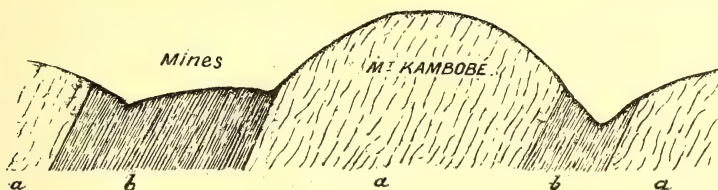


Fig. 5. — COUPE D'ENSEMBLE DU MONT KAMBOBE.

Les excavations, très nombreuses, pratiquées pour l'extraction du minerai sont creusées au Nord-Ouest d'une colline constituée par des schistes rouges appartenant à la série de Katete. C'est le mont Kamboke proprement dit. Vers le Nord-Ouest, au delà d'une zone de couches cuprifères que je rapporte à la série de Moachia, réapparaissent les schistes rouges, tandis qu'au bas du flanc Sud-Est du mont Kamboke affleuraient d'autres couches identiques à celles de Moachia, mais sans malachite. On voit donc que, par suite de plissements, deux zones de couches de Moachia sont intercalées dans les schistes de la série de Katete (fig. 5).

a. Couches de Katete : schistes gris ou rouges; grès durs, noirâtres.

b. Couches de Moachia avec malachite : schistes siliceux, quartzites caverneux, etc.

b'. Couches de Moachia, sans malachite : quartzites, jaspe rouge aimantifère, oolithe siliceuse, schistes siliceux, etc.

L'ensemble des couches cuprifères est dirigé N. 55° E. et incliné 60° vers N.-W. Une coupe menée perpendiculairement à cet ensemble, c'est-à-dire à peu près N.-W.-S.-E., montre la succession ci-après (fig. 6) :

a. Schistes argileux rouges, tendres, fissiles, avec grès argileux rouge foncé (système de Katete).

(1) Position approximative : 40°56' lat. S., 26°49' long. E.; à 76 kil. S. 37° W. de Bunkea et 52 kil N. 40° W. de Ntenke.

- b. Schistes gris clair, durs, légèrement cuprifères.
- c. Schistes talqueux, gris-rose, non fissiles, légèrement cuprifères.
- d. Quartzites schistoïdes (schistes siliceux) gris, en feuillets minces.
- e. Quartzites zonaires, gris-blanc.
- f. Quartzites caverneux, remplis de quartz cristallisé.
- g. Schistes siliceux blancs ou gris.
- h. Schistes siliceux blancs, durs.
- i. Schistes siliceux blancs, très feuilletés.
- k. Quartzites caverneux gris.
- l. Schistes siliceux blancs, durs.
- m. Schistes *pourris*, bréchoïdes.
- n. Alternance de schistes siliceux et de quartzites caverneux pauvres en malachite.
- o. Schistes argileux rouges (*système de Katete*).

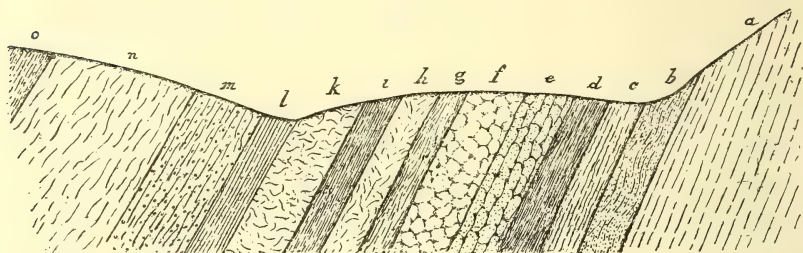


Fig. 6. — COUPE PASSANT PAR LES MINES DU MONT KAMBOBE.

Les couches de *d* à *m* sont très riches en malachite et en limonite compacte. Celle-ci est même si abondante que les mines du Kamboke pourraient, outre le cuivre, fournir une forte quantité de minerai de fer.

Le tracé des affleurements des couches sur le plan horizontal est assez fortement ondulé.

La quantité de malachite extraite du mont Kamboke a dû être très considérable, si l'on en juge par l'importance et le nombre des excavations qui y sont creusées.

A côté des grandes cavités à ciel ouvert, on rencontre un assez bon nombre de puits, atteignant 10 à 15 mètres de profondeur sur 2 de diamètre environ, au fond desquels se trouvent des ébauches de galeries.

Les mineurs indigènes avaient accès au fond de ces puits par une

série d'échelles disposées obliquement et séparées par des sortes de paliers.

G. MINES DE LA KAMAIA. — A environ 5 kilomètres au Nord-Ouest du mont Kambobe, sur la route de Moa Guba et à proximité des sources de la Kamaia, sous-affluent du Dikulue, on a exploité un gisement de malachite peu important situé dans des schistes siliceux blancs et des quartzites caverneux analogues à ceux du Kambobe. Les plissements ramènent donc les couches de Moachia en cet endroit, comme, du reste, ils les font réapparaître à Moa Guba, etc.

H. MINES DU MONT KALABI (1). — Les circonstances ne m'ayant pas permis de visiter ces mines et bien que j'aie pu me rendre compte de leur position (du haut du mont Kitulu), je ne puis en parler que d'après les renseignements fournis par Capello, qui les a visitées en 1884 (2).

D'après ce voyageur, le minerai de cuivre se rencontre au Kalabi à l'état de malachite imprégnant des schistes ou empâtée dans du quartz. A côté, on trouve de la limonite, des quartzites ferrugineux, des quartzites gris, etc. Du jaspé rouge se trouve aussi dans les environs. Les mines ont été exploitées par galeries et, à l'époque de la visite de l'explorateur portugais, elles étaient abandonnées à la suite d'un éboulement arrivé deux ans auparavant et ayant fait beaucoup de victimes.

I. MINES DE MIAMBO (3). — Ce sont les seules mines de cuivre situées sur la rive gauche du Lualaba dont j'aie connaissance. N'ayant pas eu non plus l'occasion de les étudier, je dois me borner à reproduire ce qu'en disent MM. Arnot et Crawford (4).

Les exploitations sont ouvertes dans deux collines rocheuses espacées de 2 kilomètres environ, et allongées en forme de longues crêtes dans le sens Est-Ouest. L'extraction y est très active. C'est des mines de Miambo que proviennent la plupart des croisettes de cuivre (*hannda*) répandues dans le commerce du centre de l'Afrique.

(1) Position approximative : 10°50' lat. S., 27°4' long. E.; à 80 kil. S. 24° W. de Bunkea. 37 kil. E. 34° N. de Katanga et 64 kil. N. 17° E. de Ntenke.

(2) *De Angola à Contra-Costa*, vol. II, p. 69.

(3) Position approximative : 10°42' lat. S., 25°43' long. E.; à 10 kil. E. 32° N. de Kazembe.

(4) *Bihe and Garenganze*, 1893.

Les mineurs qui les exploitent appartiennent, dit M. Arnot, à la tribu des Baluba; ils tiennent leurs procédés secrets et ne font leurs opérations qu'à certaines époques de l'année.

GISEMENTS DE CUIVRE DU BAS-CONGO. — La chaîne de collines primaires que traverse le Congo, entre le grand plateau intérieur et l'Océan, renferme aussi un certain nombre de gisements métallifères. Les plus connus sont ceux qui se trouvent à une soixantaine de kilomètres au Nord-Ouest de Manyanga, dans la plaine du Mboko Songo, près des sources de la Ludima, affluent du Kwilu-Niari, et par conséquent sur le territoire français. Ils ont été visités en 1884 par E. Destrain (1), et en 1887 par E. Dupont (2); ils sont voisins du village de Kimbaüka. E. Dupont a étudié trois minières assez rapprochées et nommées : *Songudi Misombo*, *Songo* et *Paka Songolo*.

La mine de Songudi Misombo, d'après Dupont, est creusée dans une colline faisant saillie sur la plaine; elle a environ 50 mètres sur 40 et une profondeur de 4 à 6 mètres. Le gisement se trouve dans des calcaires bleus avec lits de schistes noirs en couches très contournées. On y trouve comme minerais : malachite, galène argentifère et limonite.

La mine de Songo est la plus importante des trois; elle est aussi ouverte dans une colline isolée. Elle a plus de 250 mètres de long et atteint 10 mètres de profondeur. Elle correspond à une poche d'argile rouge située dans le calcaire et renfermant des blocs de malachite, de limonite et des veines de phosphate de fer (3).

Enfin, la troisième mine, Paka Songolo, a également des parois calcaires et contient de la malachite et de la limonite empâtées dans de l'argile rouge.

On voit donc que, comme c'est le cas au Katanga, les gisements de Mboko Songo sont des *chapeaux de fer* de gîtes de pyrite cuivreuse.

Les indigènes exploitent activement les mines de Mboko Songo et en extraient le cuivre et le plomb. Destrain trouva un jour 350 hommes à l'œuvre dans une seule minière. L'extraction du minerai se fait par les procédés les plus primitifs, au moyen de pieux en bois dur.

Le traitement du minerai de cuivre est assez ingénieux; la malachite est introduite, mélangée de charbon de bois, dans un creuset en terre

(1) *Le district de Stéphanieville et le district minier de Mboko Songho*. (PUBLICATIONS DE L'ÉTAT INDÉPENDANT DU CONGO, n° 6.)

(2) *Lettres sur le Congo*, 1889.

(3) Le docteur Sims, de Léopoldville, m'a montré des échantillons de diopside et de chrysocée (hydrosilicates de cuivre) provenant des mines du Congo français.

réfractaire chauffé au rouge au milieu d'un fourneau fait de même matière. Le feu est activé au moyen d'une soufflerie. Le métal est coulé en lingots de la grosseur du petit doigt (Destrain). Ces lingots sont exportés au loin comme articles d'échange. D'après D'Hanis, on les retrouve très loin dans le Haut-Congo (1).

Il est très probable que d'autres gisements de cuivre et de plomb existent au Nord du Congo moyen et inférieur, aussi bien sur le territoire de l'État indépendant que sur le territoire français.

Au Sud du fleuve, on connaît aussi plusieurs gisements de cuivre, entre autres près de Bembe, sur le territoire portugais, à environ 200 kilomètres au Nord-Est d'Ambriz. D'après Peschuel-Loesche, une société anglaise en a autrefois tenté l'exploitation (2).

Je terminerai ce sujet en rappelant que le regretté capitaine Ponthier a signalé du cuivre au Nord de Yambinga, entre le Congo et l'Uellé (3).

Des roches stannifères ont été signalées sur l'Ubanghi (Van Gèle) et sur l'Uellé-Makua (Roget). D'après le commandant Roget, l'étain existe en petite quantité sur le Makua et les indigènes en fabriquent des anneaux qu'ils portent aux oreilles (4).

III. — Gisements de fer.

Le fer se rencontre en abondance dans la région du Katanga à l'état de *magnétite*, d'*oligiste* et de *limonite*.

La magnétite, et surtout l'oligiste, sont, ainsi que nous l'avons déjà vu, extrêmement répandus non seulement dans les nombreuses veines de quartz qui traversent les couches paléozoïques de la région, mais dans ces couches elles-mêmes, à l'état d'imprégnations, de zones minces, de veinules, enduits, paillettes, noyaux, cristaux isolés, etc. Dans certains cas, le minerai existe sous ce mode de gisement en assez grande quantité pour être exploité.

Dans les lits d'un grand nombre de cours d'eau torrentiels des parties montagneuses du Katanga, on trouve en abondance des galets de

(1) D'HANIS, *Le district d'Upoto*. (PUBLICATIONS DE L'ÉTAT INDÉPENDANT DU CONGO, n° 3.)

(2) *Zur Geologie des westlichen Congo Gebiet*. (DEUTSCHE RUNDSCHAU FÜR GEOGRAPHIE UND STATISTIK, VIII, n° 7, 1886, traduit dans MOUVEMENT GÉOGRAPHIQUE, n° 21, 1886.)

(3) D'HANIS, *Le district d'Upoto*.

(4) *Le district de l'Arouwimi et Ouellé*. (PUBLICATIONS DE L'ÉTAT INDÉPENDANT DU CONGO, n° 5.)

magnétite et d'oligiste provenant des couches que ravinent ces torrents.

En beaucoup d'endroits, spécialement dans le Sud du Katanga, l'oligiste ou la magnétite se présentent en *amas* atteignant souvent des proportions énormes et constituant des gisements de minerai de fer pouvant être classés parmi les plus riches du globe. Les uns parmi ces amas sont subordonnés aux couches du système de Moachia; d'autres sont intercalés dans les assises des systèmes de la Kissola, du Fungé, de la Lufupa, etc.

Ces massifs opposant aux actions dénudantes une résistance supérieure à celle qu'offrent les couches verticales ou fortement redressées qui les accompagnent, se présentent généralement sous forme de collines coniques faisant saillie sur un pays en plateau ondulé.

Je vais passer rapidement en revue les plus considérables d'entre ceux que j'ai pu étudier.

Je dois répéter à propos de ces grands gisements de fer ce que j'ai dit en parlant des mines de cuivre. D'après le nombre d'amas importants que j'ai pu observer sans m'écarter beaucoup de notre itinéraire, on pourra se faire une idée de l'énorme quantité de minerais de fer de qualité supérieure que recèle le sol du Katanga.

A. GÎTE DE KIBANDA. — Dans la vallée de la rivière Fungé, entre les villages de Kibanda et de Kamukichi, à quelques kilomètres des sources thermales sulfureuses du Kafungé, se trouve dans les schistes cristallins du système du Fungé un important amas d'oligiste compact. Je n'ai pas eu l'occasion d'étudier de près le gisement, mais, si l'on en juge d'après la quantité de fragments de minerai roulés par les torrents voisins, il doit être très important.

B. GÎTE DE MOA MOLULU. — Près du village de Moa Molulu, à 37 kilomètres à l'E.-N.-E. de Katanga, on observe une colline constituée par un remarquable affleurement des couches du système de Moachia accompagnées d'un important amas d'oligiste. Cette colline forme une sorte de crête orientée à peu près N.-W.-S.-E. et est constituée de couches, verticales ou à peu près, dirigées environ N. 30° W. La figure 7 représente la coupe de cette colline suivant un plan N.-E.-S.-W.

a. Masse d'oligiste compact, homogène ou mêlé de quartz.

b. Oolithe siliceuse.

b'. Quartzite gris et oolithe siliceuse.

c. Schistes siliceux durs, jaspoides, gris légèrement verdâtre.

d. Grès à très gros grains feldspathique (arkose), base du système de Katete.

e. Schistes noir brunâtre du système de Katete.

L'oligiste est éboulé en gros blocs accumulés sur le flanc S.-W. de la colline.

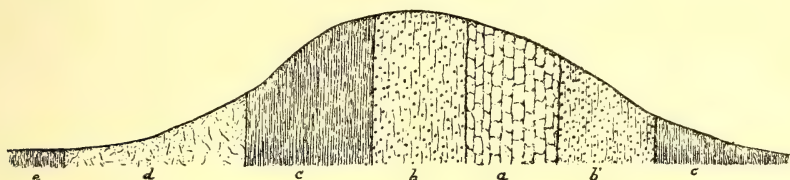


FIG. 7. — Coupe du gîte de Moa Molulu.

Dans le prolongement N.-W. et S.-E. de la colline de Moa Molulu, on observe d'autres hauteurs analogues.

C. GÎTE DE NTENKE. — Les collines de Mpiri Ditakata, près de Ntenke, recèlent un important amas de magnétite intercalé dans des couches appartenant au système de Moachia et elles-mêmes très chargées de minerai. Ces couches sont fortement redressées et dirigées à peu près exactement E.-W.

Voici comment se présentent, dans la colline la plus voisine du village, l'amas et les couches qui l'avoisinent, en procédant du Nord au Sud :

a. Schistes gris, durs, jaspoïdes.

b. Bancs de roches siliceuses rappelant tantôt des jaspes gris, tantôt des quartzites siliceux, souvent cavernes, imprégnées de magnétite en zones parallèles à la stratification ou en cristaux disséminés, souvent pseudomorphisés en limonite.

c. Schistes tendres, jaunâtres.

d. Schistes durs, jaspoïdes, jaunes ou gris.

Il y a alternance de zones dures et de zones tendres.

e. Schistes rouges, sableux, peu durs.

f. Schistes bréchoïdes bigarrés de jaune et de rouge.

g. Poudingue formé d'une pâte chisteuse, non fissile, grisâtre, assez dure, remplie de galets de quartz blanc. Important comme puissance.

Dans ce poudingue est intercalé un amas de magnétite presque pure ou légèrement mêlée d'oligiste et de quartz, s'offrant à la surface du sol en blocs colossaux garnis de gros cristaux octaédriques.

L'amas est disposé obliquement à la stratification; vers l'Ouest, on le trouve disposé à travers les couches énumérées plus haut.

h. Schistes calcareux et calcaires bleus.

i. Schistes durs, gris, jaspoides.

k. Schistes argileux rouges et gris-bleu.

l. Quartzites blancs en bancs épais avec parties cavernueuses; cristaux d'aimant disséminés.

m. Schistes pénétrés de magnétite plus ou moins transformée en oligiste et limonite.

Toutes ces couches, dirigées E.-W., sont inclinées vers le Sud à 50° environ.

D. A 45 kilomètres au Sud-Ouest de Ntenke, et à environ 15 kilomètres au Nord des sources du Lualaba, nous avons visité une colline conique dominant de 150 mètres le plateau avoisinant. Elle est exclusivement formée de magnétite mélangée d'oligiste et de quartz. Du haut de cette colline on distingue des éminences analogues vers N. 55° W., W. 20° S., W. 45° S. et S. 20° W., qui sont probablement de même nature. La colline W. 45° S. est la suivante (E).

E. GÎTE DE KAFUNDA-MIKOPO. — Le village de Kafunda-Mikopo se trouve à une dizaine de kilomètres des sources du Lualaba, sur la rive droite de la rivière.

Dans la concavité d'une courbe formée par le Lualaba, s'élèvent deux collines coniques alignées E.-W. La plus occidentale est la plus haute (1550) et est reliée à l'autre (1515) par une partie intermédiaire d'altitude plus faible encore.

La masse principale de ces deux éminences est constituée par un minerai formé d'un mélange intime de magnétite et d'oligiste, grenu et assez compact, présentant une structure subschistoïde.

La colline occidentale est couverte d'énormes blocs détachés de minerai. Les creux laissés par les blocs en surplomb servent de demeures aux habitants de Kafunda-Mikopo. Ils se bornent à fermer l'ouverture de ces sortes de cavernes par des parois en paille et ne construisent que peu de véritables huttes.

Entre les deux collines affleure une large zone de calcaire blanc saccharoïde, et des blocs colossaux de cette roche sont accumulés dans le col qui les sépare. Au contact du calcaire, le minerai est transformé sur une forte largeur en une limonite compacte et massive.

Le calcaire saccharoïde fait partie, avec les chloritoschistes qui

affleurent non loin de là dans le lit du Lualaba, du système métamorphique de la Kissola.

Du sommet de la colline la plus élevée, on distingue, dans les directions N. 58° W.; W. 55° S.; S. 25° W.; S. 20° W.; S. 5° W.; S. 40° E., et N. 45° E., des collines coniques tranchant nettement sur le plateau qui constitue la région. Ce sont très probablement autant de gisements analogues à celui de Kafunda-Mikopo. Celle qui se trouve dans la direction N. 45° E. semble être la colline D, décrite plus haut, et celle que l'on aperçoit vers S. 25° W. correspond aux éminences qui s'élèvent près de Moa Sompué et que les indigènes nous ont renseignées comme étant des gisements de fer. Quant à la direction W. 55° S., elle correspond à l'emplacement de la colline de magnétite de Kaluloa (F).

Au Nord-Est des collines de Kafunda-Mikopo, on voit affleurer plusieurs massifs moins importants de magnétite et d'oligiste se présentant à la surface du sol à l'état de gros blocs accumulés.

F. GITE DE KALULOA (4). — La colline Kiwanda, sur laquelle est bâti le village Lunda du chef Kaluloa, consiste en une pyramide grossière de magnétite rappelant celle du gisement de Ntenké. La hauteur est couronnée par un amas d'énormes blocs de minerai ressemblant de loin à quelque construction cyclopéenne; d'autres blocs analogues sont éboulés sur les flancs de la colline.

De même qu'à Kafunda Mikopo, les indigènes de Kiwanda logent pour la plupart dans les creux présentés par ces blocs.

Au Sud de Kiwanda existent plusieurs collines isolées qu'un examen rapide m'a montré être de même nature.

Le gisement de Kaluloa, de même que celui de Kafunda-Mikopo, est subordonné aux couches de la série de la Kissola.

G. GITE DE CHAMELENGE (2). — La colline de Chamelenge se présente sous forme d'une pyramide de 120 mètres de hauteur formée d'une seule masse de magnétite presque pure ou mêlée d'oligiste.

La masse offre des fentes et des anfractuosités nombreuses qui, comme dans les deux cas précédents, servent de demeures aux indigènes. On trouve ici un assez grand nombre de huttes, mais les creux de la montagne semblent être les habitations privilégiées et le chef habite le plus retiré.

(1) Non loin de la rive gauche du Lualaba, vers 11°47' lat. S.

(2) Rive gauche du Lualaba, vers 11°35' lat. S.

L'amas est intercalé dans les couches de la série de la Kissola.

Une rapide excursion autour de Chamelenge m'a permis de constater la présence d'un grand nombre de gisements analogues, mais moins considérables.

En descendant la vallée du Lualaba par la rive gauche, nous n'avons plus rencontré sur notre itinéraire, en aval de Chamelenge, de gisements comparables quant à l'importance à ceux que je viens de décrire; mais les affleurements de massifs de magnétite et d'oligiste, ainsi que les blocs épars de ces minerais, continuent à être fréquents jusqu'à la latitude de Kazembe. On en observe notamment près du village de Mussima et près des rivières Kifuanfupa, Dichinga, Kafuchi, Lufufu, etc., etc. Ils semblent correspondre à des affleurements des couches de la Kissola entre les bassins formés par les couches de Kafunda Mikopo et de Kazembe.

En aval des Cataractes de Delcommune, en face du village de Katolo (9° 55' lat. S.), existe, dans les couches de la Lufupa, un amas d'une certaine importance, qui est le dernier que nous ayons rencontré dans notre descente du fleuve.

Je signalerai, pour quitter ce sujet (sans prétendre l'avoir épuisé), quelques gisements assez importants d'oligiste et de magnétite existant au mont Kambobe, non loin des exploitations de malachite; en différents points de la route du Kambobe, à Moa Guba, à Bunkea, etc., etc.

LIMONITE. — J'ai signalé, à propos des mines de cuivre, la limonite compacte qui accompagne normalement la malachite dans ses gisements et qui, en certains endroits, pourrait faire l'objet d'une exploitation spéciale. J'ai aussi dit un mot de la limonite massive qui se présente à Kafunda-Mikopo entre le minerai anhydre et le calcaire saccharoïde.

Mais la limonite se rencontre en abondance au Katanga, comme, du reste, dans une grande partie de l'Afrique tropicale, sous un mode de gisement bien plus généralisé.

Nous avons vu précédemment que les formations détritiques superficielles du Congo, abstraction faite des nappes de dépôts limoneux ou sableux du fond des vallées, se classent en alluvions anciennes du flanc des vallées et des plateaux voisins, avec cailloux roulés, et en produits d'altération sur place des rochers du sous-sol, accompagnés ordinairement de fragments anguleux des roches sous-jacentes.

Ce dernier cas, comparable au produit que l'on a appelé latérite dans d'autres parties du globe, est de beaucoup le moins fréquent et ne se rencontre que sur des surfaces relativement limitées.

Quoi qu'il en soit, ces deux dernières classes de formation superfi-

cielle renferment ordinairement une forte proportion d'hydroxyde ferrique qui leur donne une teinte jaunâtre, brunâtre ou rougeâtre. C'est cette teinte qui les a fait assimiler en bloc à la latérite.

Cet hydroxyde de fer, dans certaines circonstances, notamment dans le cas où le sous-sol est formé de roches peu perméables, se concrétionne dans la masse du dépôt, en nodules, en plaques ou en bancs stratiformes, atteignant souvent plusieurs mètres de puissance, et présentant ordinairement un aspect spongieux, scoriacé, caractéristique. Quand, sous l'influence du ruissellement des eaux pluviales, la partie meuble du dépôt a été enlevée, la limonite scoriacée se présente à la surface du sol en planchers souvent très étendus ou en blocs épars.

Cette roche, comparable à certaines variétés de *minerai de marais*, est répandue dans une grande partie de l'Afrique tropicale. Elle peut renfermer une proportion d'oxyde ferrique allant jusque 50 %, et elle constitue le minerai de fer à peu près exclusivement employé par les indigènes. La magnétite et l'oligiste, toujours très compacts, sont d'une réduction plus difficile et exigent l'addition de fondants, qui existent à l'état naturel dans la limonite scoriacée ; aussi les indigènes du centre de l'Afrique les emploient-ils rarement.

Fabrication du fer. — Ce n'est que dans certaines tribus que les indigènes du Congo se livrent à la fabrication du fer, et, très souvent, cette spécialité semble être aux mains d'une certaine caste privilégiée qui garde ses procédés plus ou moins secrets, et se les transmet de père en fils.

Dans le Katanga proprement dit, nous n'avons eu nulle part l'occasion de voir les indigènes exercer cet art. Presque tout le fer employé dans le pays provient de chez les Ba-Ussi, qui habitent la rive droite du Luapula, à l'Ouest du lac Banguelo ; ils l'échangent, entre autres, contre du sel provenant des sources thermales de Moachia.

Mais de l'autre côté du Lualaba, dans les villages habités par les Baluba de la famille des Samba, notamment sur le Lubudi et le haut Luembe, la fabrication du fer est un art très répandu.

Dans ces villages, on trouve fréquemment, sous un grand hangar, une sorte de haut fourneau en miniature, haut d'environ 1^m50.

Par l'orifice postérieur s'adapte une tuyère en terre cuite dans laquelle on insuffle de l'air au moyen d'un appareil qui a été souvent décrit par les voyageurs et qui semble être partout construit d'après le même principe. On emploie comme minerai les variétés les plus pures, les plus denses de limonite que l'on réduit par le charbon de bois.

Chacun sait que les forgerons nègres atteignent une très grande habileté dans leur art. Les objets sortis de leurs mains étonnent par le fini du travail.

On trouve dans les récits de la plupart des voyageurs des descriptions des instruments et des méthodes qu'ils emploient (1). Le lieutenant Ch. Lemaire, qui a rapporté de son séjour au Congo tant de précieuses observations, nous décrit comme suit *Une forge à l'équateur* (2) :

- « Voici d'abord un hangar de 5 mètres sur 2^m50. Autour du foyer sont
- » groupés quelques ouvriers et beaucoup de curieux, bavards et fâcheux.
- » Un trou en terre avec un feu de charbon de bois, activé par le jeu
- » d'un soufflet dont le vent est amené sous le combustible au moyen
- » d'une tuyauterie en terre réfractaire de 12 centimètres de diamètre
- » extérieur, dont le canal a 4 centimètres de large. Le tuyau présente
- » un large collet dans lequel s'engage l'extrémité d'un soufflet en bois,
- » comparable à un violoncelle dont la caisse serait occupée par quatre
- » marmites en bois, tendues de peaux de chèvre et de feuilles souples.
- » Au milieu de chaque marmite, un bâton de 1^m50 servant à soulever
- » et à abaisser la peau de chèvre. Deux gamins servent de souffleurs.
- » L'enclume est en fer; des masses en fer tiennent lieu de marteaux.
- » Un marteau spécial, en forme d'herminette, sert au travail du cuivre.
- » Les noirs se fabriquent également un ciseau à froid et une puisette à
- » eau qu'ils creusent dans un gros noyau évidé. Les creusets sont en
- » terre réfractaire et affectent la forme de grosses soucoupes pro-
- » fondes, à deux oreilles. On les retire du feu au moyen d'une pince
- » faite d'un bout de bambou fendu, le long duquel glisse un anneau de
- » liane.
- » Des formes en bois cannelé servent à imprimer, dans un lit de
- » sable étalé sur un fond de pirogue, des moules dans lesquels on coule
- » des colliers et des anneaux de poignet et de cheville.
- » En terre, les noirs installent une ou deux marmites contenant de
- » l'eau. Au-dessus du tout, de nombreux *monganga*, fétiches indispen-
- » sables à tout bon nègre, pendent niaisement afin de favoriser la
- » perfection du travail.
- » Les matières à travailler sont le cuivre des *mitakos* venant
- » d'Europe, du fer trouvé chez le blanc (bandes de caisses et de ballots,
- » vieilles machettes, vieux canons de fusils, etc.) et aussi du minéral

(1) Voyez notamment : SCHWEINFURTH, CAMERON, LIVINGSTONE.

(2) *Congo illustré*, 23 septembre 1892, n° 21.

» venant de l'intérieur, du lac Matumba, d'Upoto, etc. Les Ngombés
» sont les principaux fournisseurs de fer brut.

» Avec le métal travaillé, on fait des bracelets, des colliers, des
» jambières, des couteaux, des lances, des clous, des hoes, toutes
» choses indispensables aux indigènes. »

Le lieutenant Lemaire a bien voulu me fournir d'intéressants renseignements sur la fabrication et le travail du fer dans le haut Congo. J'en extraurai les données suivantes :

De Léopoldville à l'Équateur, de même que dans la région des cascades, les indigènes ne pratiquent pas l'extraction du fer. Ils travaillent soit du métal d'origine européenne, soit du fer réduit par les tribus de l'intérieur, particulièrement de l'Est. Les régions productrices du fer sont surtout le Nord-Est du lac Matumba, l'Est de Ngombe (confluent de l'Ubanghi) et surtout les bassins de la Bussira, de l'Ikelemba et de la Maringa. Le fer qu'on y fabrique s'exporte dans les régions voisines déjà travaillé, ou à l'état de blocs de métal brut, de 4 à 5 kilogrammes, d'aspect spongieux, munis de larges entailles destinées à en faciliter le débit par les forgerons.

On doit à Emin-Pacha, Stuhlmann, Baumann, etc., de nombreux renseignements sur l'extraction et le travail du fer dans l'Afrique orientale et la région des lacs du haut Nil.

Voici comment Stuhlmann (1) décrit les installations qu'il a observées au village de Ngoma, dans l'Usinja (Sud-Ouest du lac Victoria).

Le minerai employé (oligiste ou limonite) est préalablement broyé et mêlé à du charbon de bois. Il est versé dans une sorte de fourneau grossièrement fabriqué au moyen de quelques grosses mottes d'argile placées sur un sol battu. Vers la partie inférieure du fourneau convergent quatre ou cinq tuyères de terre cuite élargies en forme de trompes. Dès que le feu est mis au charbon de bois, on chasse de l'air par les tuyères au moyen de souffleries en bois analogues à celles que l'on emploie dans les autres régions de l'Afrique centrale. Bientôt le fer est réduit à l'état d'une masse spongieuse remplie de fragments de charbon de bois. Le forgeron noir l'extrait du foyer et la divise en fragments qui, par le battage sur une enclume en granite, sont transformés en masses compactes, prêtes à être utilisées ; on en fait surtout des hoes cordiformes qui sont dans ces régions l'objet d'un commerce important et sont même employées comme monnaie. Le marteau est un bloc de granite ou un morceau de fer en forme de prisme carré et sans manche, le tisonnier une longue baguette de fer courbée.

(1) *Mit Emin Pascha ins Herz von Afrika*, 1894.

Une industrie spéciale à l'Usinja est la fabrication de fils très fins de fer, de cuivre et de laiton. L'artisan noir emploie un dispositif fort ingénieux, construit du reste sur le même principe que les appareils européens. Le métal est étiré à travers une filière consistant en une plaque de fer percée de trous de différents diamètres et fixée à un pieu vertical. Le fil s'enroule sur une sorte de treuil placé en face et que l'on fait tourner pour produire l'éirement.

CONCLUSIONS.

On a vu par ce qui précède quelle masse énorme de minerais de fer et de cuivre doit recéler le sol de la partie méridionale du bassin du Congo.

Malheureusement, la faible valeur relative de ces minerais et le grand éloignement des gisements écartent, pour le moment, toute idée d'exploitation.

Une question qui se pose naturellement est celle-ci : Ne peut-on pas, étant donné un territoire aussi vaste que l'État du Congo, sur une grande partie duquel affleurent des terrains primitifs ou paléozoïques, espérer y découvrir des gisements d'un plus grand rapport ou placés dans des conditions plus favorables au point de vue de l'exploitation, alors surtout que de tels gisements existent dans des régions voisines, telles que le Mashonaland et l'Angola, surbordonnés à des formations géologiques analogues?

Nous ne pouvons que répéter, en le généralisant, ce que nous disions plus haut à propos des gisements de combustibles.

Les territoires du Congo n'ont été jusqu'ici que très peu étudiés et ils l'ont été, en tout cas, d'une façon trop rapide et superficielle pour qu'on puisse émettre des conclusions certaines sur la nature, la situation et l'importance des gisements minéraux et métallifères qu'ils renferment. Le petit nombre de géologues qui en ont visité quelques régions n'ont fait que parcourir le pays à grandes journées, et si les résultats de ces voyages peuvent, dès maintenant, faire entrevoir les traits principaux de la géologie du bassin, ils ne se sont pas effectués dans les conditions que réclament les travaux de recherche miniers. On ne découvre pas un gisement métallique comme on trouve un lac ou une rivière, en pérégrinant d'étape en étape à raison de quelques kilomètres à l'heure, et s'il en est qui, comme ceux que nous avons signalés au Katanga, se présentent d'eux-mêmes aux yeux du voyageur, la plu-

part sont cachés à la vue et ne se peuvent découvrir que par une étude soignée et systématique du terrain. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les spécialistes qui se sont jusqu'ici rendus au Congo n'en aient rapporté, à côté de données fort intéressantes au point de vue de la géologie pure, que très peu de résultats pratiques. Dans les conditions où ils se sont trouvés, le hasard seul eût pu les amener à une découverte importante.

Le hasard est un auxiliaire dont les services sont très aléatoires; l'histoire de la découverte du diamant au Cap par l'enfant d'un colon hollandais ne se répète pas tous les jours; mais ce sont, au contraire, des recherches systématiques qui ont mené, en 1864 et 1868, le géologue Karl Mauch à la découverte des gisements aurifères du Matabeleland et de Lijdenburg, les plus anciennement connus de l'Afrique australe.

Il est intéressant, à ce sujet, de connaître l'avis du baron F. de Richthofen, l'illustre géologue explorateur à qui l'on doit de si importantes découvertes.

Ce savant, après avoir montré combien sont aléatoires les recherches faites au hasard, sans méthode scientifique, continue ainsi :

« C'est, avant tout, une étude géologique soignée qui prépare le » mieux et le plus sûrement les voies qui conduisent à la découverte » de gisements minéraux et métallifères. Cette étude a, entre autres » avantages, celui de permettre de séparer les régions où l'on peut » espérer trouver des minerais ou des combustibles de celles dans » lesquelles toute recherche serait inutile.

» Bien que, dans une colonie nouvelle, par exemple, l'avantage de » recherches géologiques et de levés de cartes géologiques ne saute » pas aux yeux, on peut dire que ce n'est pas uniquement par la » découverte immédiate de matériaux exploitables que l'étude du sol » peut avoir une utilité positive; elle rend surtout des services en » montrant quelles sont les parties d'un pays dont on doit s'occuper » au point de vue pratique, et elle épargne ainsi des frais bien plus » considérables que ceux qu'elle nécessite par elle-même.

» *La connaissance de la composition géologique du pays fournit donc » des bases solides. Avec son aide, on peut faire des recherches en pleine » lumière, tandis que sans elle, on tâtonne dans les ténèbres* (1). »

(1) F. VON RICHTHOFEN, *Führer für Forschungsreisende*. Berlin, 1886. (Cap. XVII, *Beobachtungen über nutzbare Mineralien*, pp. 715-716.)



TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
INTRODUCTION	3
I. — Géologie de la région du Katanga	6
A. — TERRAINS MÉTAMORPHIQUES	9
I. Système de la Kissola. — Quartzites du Lufubo.	9
II. Système du Fungé et sources sulfureuses du Kafungé	10
III. Système du Nzilo	10
IV. Système de Moachia et sources salines de Moachia	11
V. Système de la Lufupa	11
B. — TERRAINS ANCIENS NON MÉTAMORPHIQUES	12
a) <i>Bassin Nord-Ouest</i>	12
I. Système du lac Kabele	12
II. Système du Lubudi	12
b) <i>Bassin Sud Est</i>	13
α. Facies oriental, ou de la Lufila	13
I. Système de Kilassa	13
II. Système des monts Muiombo.	13
III. Système du pays des Basanga	13
IV. Système de Katete	41
β. Facies occidental, ou du Lualaba	14
I. Système de Kafunda-Mikopo	14
II. Système de Moanga	15
III. Système de Kazembe.	15
C. — TERRAINS POST-PRIMAIRES	15
I. Système du Kundelungu	16
II. Système du Lubilache	16
D. — FORMATIONS DÉTRITIQUES SUPERFICIELLES	17
<i>Roches éruptives anciennes</i>	18
<i>Roches éruptives modernes</i>	18

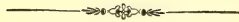
II. — Gisements de cuivre 23

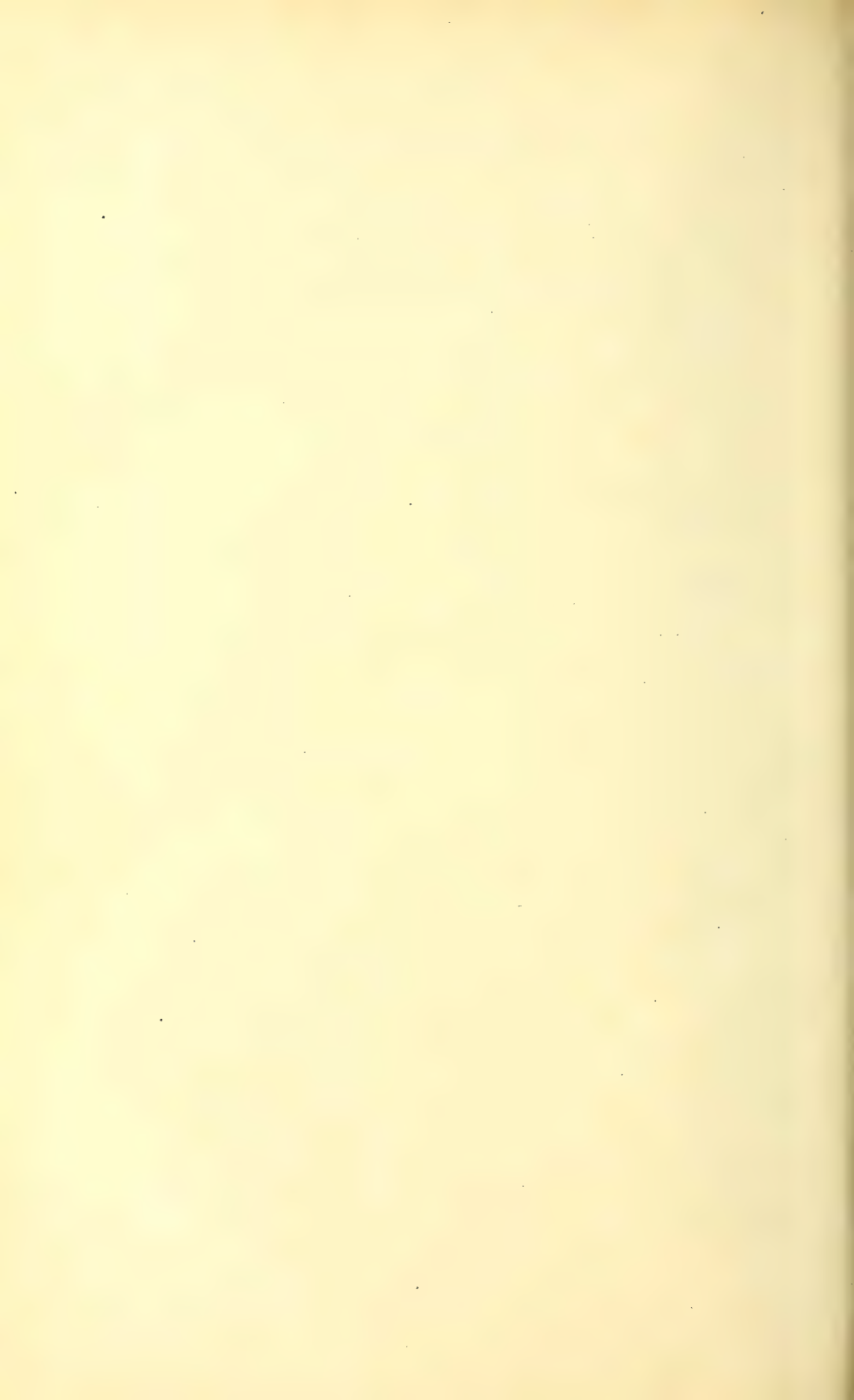
A. Mines du Lusuichi	25
B. Mines de Kimbui et Inambuloa	27
C. Mine de Kioabana	29
D. Mines de Kiola	29
E. Mines du mont Kitulu	30
F. Mines du mont Kambobe	31
G. Mines de la Kamaia	33
H. Mines du mont Kalabi	33
I. Mines de Miambo	33
Gisements de cuivre du Bas-Congo	33

III. — Gisements de fer 35

A. Gîte de Kibanda	36
B. Gîte de Moa Molulu	36
C. Gîte de Ntenke	37
D.	38
E. Gîte de Kafunda-Mikopo	38
F. Gîte de Kalulua	39
G. Gîte de Chamelenge	39
Limonite	40

CONCLUSIONS.	44
----------------------	----





ESSAI

SUR LE

ROLE SISMOGÉNIQUE DES PRINCIPAUX ACCIDENTS GÉOLOGIQUES

PAR

F. DE MONTESSUS DE BALLORE (1)

(ABBEVILLE, SOMME)

La science des tremblements de terre vient de faire à Strasbourg (11-13 avril 1901) un pas de géant à la première Conférence internationale de sismologie. Ce pas décisif avait été préparé par le regretté *von Rebeur-Paschwitz*, mais il a été donné à *Gerland* de mener ce grand œuvre à bien et d'être l'âme de son exécution effective. Dès lors la sismologie, qui avait en ces dernières années du XIX^e siècle pris un développement tout à fait inattendu, va devenir autonome. Outre que devenue mondiale, étudiée qu'elle est avec ardeur sur toute la surface du globe — ce qui n'est pas sans créer de sérieuses difficultés à qui veut en suivre pas à pas les rapides progrès presque journaliers — il faut bien reconnaître qu'en raison même des sciences multiples qu'elle met à contribution en les appelant à son aide, il va bientôt devenir impossible à un seul savant d'en embrasser avec compétence tous les aspects, entre lesquels il devra choisir. Les uns, véritables physiciens, créent pour son usage, en faisant intervenir la physique, la mécanique et même les plus hautes spéculations des mathématiques, d'admirables instruments d'une exquise sensibilité, au moyen desquels ils enregistrent et étudient les moindres vibrations de l'écorce terrestre, soit qu'elles se soient produites sous leurs observatoires mêmes ou dans leur voisinage plus ou moins immé-

(1) Reproduit, avec l'autorisation de l'auteur, d'après les *Gerlands Beiträgen zur Geophysik*, vol. VI, partie I, 1903.

diat, soit qu'elles aient ébranlé au delà des mers les régions les plus éloignées, tandis que de délicats diagrammes leur permettent d'en étudier après coup et à loisir les plus subtiles particularités. Mais les géologues devenus sismologues, ou plutôt les sismologues devenus géologues par nécessité, ne placent pas moins haut leur ambition. Ils veulent rendre compte du pourquoi des vibrations terrestres, faibles ou violentes, et en cherchent l'explication dans la survivance atténuée des actions géologiques, tectoniques, orogéniques et géomorphogéniques du passé, en un mot dans l'histoire géologique des régions où elles se produisent. A l'aide des tremblements de terre considérés comme le critérium de cette survivance là où ils ébranlent le sol, ils veulent même tenter de prévoir dans une certaine mesure l'avenir au moins local de la portion d'écorce terrestre qu'ils étudient, et ils ont l'audace d'affirmer par exemple que telle chaîne de montagnes est encore en voie de surrection ou de plissement, que tel voussoir terrestre est définitivement condamné au repos ou qu'il continue à être voué au soulèvement ou à l'affaissement. Si les premiers ont dans les sciences physiques, mécaniques et surtout mathématiques un guide sûr et qui ne peut guère les tromper, les seconds n'ont qu'un fil conducteur beaucoup plus lâche, la géologie et la géomorphogénie. Il leur faut beaucoup plus de prudence dans leurs déductions, plus de critique dans leurs recherches; ils doivent le plus souvent se contenter d'un à-peu-près provisoire, que leurs successeurs se chargeront de préciser. Ils ont aussi à lutter contre l'insuffisance actuelle de nos connaissances sur la sismicité réelle de beaucoup de régions, tant dans les pays même de haute culture que dans ceux surtout où l'homme civilisé n'a encore pénétré qu'à titre d'explorateur ou d'exploiteur. Il leur faut du temps, beaucoup de temps, pour être définitivement fixés sur le véritable degré de stabilité ou d'instabilité d'un territoire donné, tant le phénomène sismique est capricieux et irrégulier dans ses allures, que l'on cherche vainement à coucher dans le lit de Procuste de lois périodiques. Aussi doit-on attendre beaucoup de la future Association internationale sismologique, à laquelle le nom de *Gerland* restera attaché, pour nous donner cette connaissance dans le minimum de temps, grâce à la confection des catalogues sismiques locaux et régionaux dont elle assurera la publication, là où ils manquent encore. Ce sera une de ses plus importantes tâches.

Les phénomènes géologiques et géomorphogéniques auxquels la Terre doit son relief actuel sont aussi nombreux que variés. Pour la plupart ils dérivent des forces engendrées au sein de l'écorce terrestre

à la suite du refroidissement séculaire de la planète, abstraction faite de toute hypothèse sur son état interne, dont la plus en vogue, celle de la fluidité, est, il est vrai, fort commode, mais qu'il y a peu d'espoir de voir se vérifier jamais par l'observation directe. On va s'efforcer d'esquisser ici le rôle que peuvent jouer ces divers phénomènes relativement à la production des tremblements de terre, tout en proclamant bien haut que ces phénomènes géologiques ou autres ne sont, eux aussi, que des effets, et qu'il faut remonter aux actions et aux efforts qu'ils supposent eux-mêmes, et dont la survivance est attestée par l'instabilité du sol et l'extinction témoignée par sa stabilité.

Il est bien entendu qu'il ne s'agit point ici de faire une théorie générale des relations entre les principaux accidents géologiques et les phénomènes sismiques, mais seulement d'exposer quelques résultats, et surtout de montrer la voie dans laquelle on doit concevoir une description sismico-géologique du globe terrestre en l'état actuel de nos connaissances à ce double point de vue.

On va passer rapidement en revue ces divers traits géologiques.

Faïlles.

Depuis longtemps on s'est préoccupé du rôle actif des failles dans la genèse des tremblements de terre, d'autant plus qu'on avait eu quelquefois l'occasion d'en voir se produire à la suite des plus violents d'entre eux. Il est en outre très fréquent d'observer que les isoséistes d'un sisme important s'allongent le long d'une faille qu'ils embrassent étroitement de part et d'autre, la forme ovale ou grossièrement elliptique n'étant acquise que par les plus éloignés du foyer d'ébranlement. Ce dernier résultat peut même n'être point atteint, car l'allure et la forme de ces courbes sont souvent et gravement affectées par la nature des roches autour de l'épicentre, par la disposition mutuelle des couches et enfin par tous les accidents géologiques qu'elles présentent. Mais ce sont là des phénomènes secondaires de propagation qui ne touchent en rien à l'origine du mouvement sismique et par suite ne ressortissent point à cette étude. Quoi qu'il en soit, l'allongement des isoséistes autour d'une faille ne peut laisser aucun doute : le tremblement de terre est dû à un mouvement relatif des lèvres de la faille, ou plus exactement à une manifestation brusque de l'effort tectonique auquel la faille a dû son ouverture ou sa formation à une époque géologique antérieure, plus ou moins lointaine. Il faut bien observer que cet effort ne coïncide pas forcément avec la faille, il peut en être plus ou moins éloigné; mais

c'est parce que la faille introduit un élément de liberté au compartiment de l'écorce terrestre que le tremblement de terre se produit juste autour et le long d'elle. Dans ce cas il n'y a pas d'épicentre, mais bien une ligne épacentrale, constituée par la faille elle-même, et ne correspondant point du tout à la véritable origine du sisme.

C'est à bon droit que l'on vient d'employer l'expression de plus ou moins lointaine, quant à l'époque géologique de la formation de la faille. Il ressort en effet d'un nombre considérable d'observations que des failles relativement très anciennes, primaires même, jouent encore sous forme de sismes. C'est ainsi que la très ancienne fracture du Loch Ness en Écosse est le siège de fréquents ébranlements sismiques, tandis qu'au voisinage des failles beaucoup plus récentes des Hébrides et des Orcades sont en parfait repos. Il peut arriver aussi que dans certains cas une faille ancienne joue sous l'action d'efforts tectoniques différents de ceux qui lui ont donné naissance, parce qu'en définitive elle constitue une ligne de moindre résistance, où ces efforts mêmes ont plus de facilité pour se manifester. Cette déduction est d'autant plus naturelle qu'on sait bien que certaines fractures ont affecté des couches d'âge différent à diverses époques séparées par de longues périodes géologiques. Toutefois, quand il y aura doute sur la question de savoir si un sisme donné est en relation avec l'un ou avec l'autre de deux systèmes de dislocation non contemporains, il sera sage de s'adresser au plus récent, au moins provisoirement jusqu'à plus ample informé, et si les isoséistes ne donnent pas la clef du problème. Et ce doute se présentera fréquemment, car la présence d'un second système de failles peut masquer l'allongement des isoséistes le long de celles avec lesquelles il est en relation directe par suite des perturbations apportées par ce second système dans la propagation du mouvement sismique.

En résumé, les sismes qui ébranlent les failles paraissent le plus souvent être l'effet d'actions tectoniques non très éloignées, et généralement les mêmes que celles qui les ont ouvertes.

L'homme a pu voir d'importants tremblements de terre former des failles nouvelles, ou en augmenter notablement le rejet. Certains cas sont devenus classiques dans les fastes de la sismologie. Tout le monde connaît l'Allah Bund, ou digue de Dieu, dans le delta de l'Indus, et la faille de la Locride, à la suite des tremblements de terre de juin 1819 et d'avril 1894 respectivement.

Mais il ne faudrait pas croire que tout sisme avec ligne épacentrale située sur une faille, résulte d'une augmentation, si faible soit-elle, de son rejet, ou d'un glissement d'une de ses lèvres par rapport à l'autre.

C'est là un sujet sur lequel je dois nettement, quoiqu'à regret, me séparer du savant sismologue *Ch. Davison*, qui dans nombre de cas de tremblements de terre des îles Britanniques conclut à un tel glissement, dont il détermine le sens probable d'après la façon dont l'ébranlement s'est comporté par rapport à la faille, ou dont il a été ressenti dans les environs. Il tire aussi des déductions au moyen des bruits sismiques qui ont accompagné le tremblement de terre. Pour donner à ces suggestions une base expérimentale, *Horace Darwin* a tenté depuis 1900 de mesurer les mouvements supposés des lèvres de la faille. Il a choisi, d'après des considérations très rationnelles d'ailleurs, celle de Ridge-way, près d'Upway dans le Dorsetshire, pays où les tremblements de terre ne sont point rares. Jusqu'à 1901 du moins, ces recherches n'avaient point abouti. Auraient-elles plus tard plus de succès que cela ne prouverait point que la faille est la cause originelle du sisme, pas plus qu'un insuccès persistant n'aurait de valeur en sens inverse. C'est qu'en effet si, à une époque antérieure, l'effort tectonique a été assez intense pour aller jusqu'à la rupture des couches, avec ou sans rejet, à partir de ce moment il tend à s'épuiser graduellement, et n'est plus ultérieurement capable que de donner lieu à des sismes, sans faire mouvoir, si peu que ce soit, une des lèvres de la faille par rapport à l'autre.

Quand les environs d'une grande faille, comme celle du Loch Ness, sont le siège de sismes fréquents, on remarque souvent que les épicentres ne sont pas toujours situés sur la ligne même qu'elle détermine sur le terrain; ils manifestent presque toujours une prédilection marquée pour l'un de ses côtés par rapport à l'autre. Dans le cas actuel, c'est le côté oriental qui prédomine par le nombre d'épicentres. Quoique la détermination exacte de l'épicentre, quand il en existe un, soit généralement fort délicate parce que les observations sont trop grossières pour une construction très précise des isoséistes, cette particularité est indéniable. *Ch. Davison* en conclut, par exemple pour la fracture du Loch Ness, qu'un voussoir terrestre, mobile et instable, est compris entre elle et une autre faille parallèle située au delà et, par suite, à l'Est des épicentres latéraux, mais non encore reconnue sur le terrain, seulement présumée. Cet exemple de failles supposées pour les besoins de la cause se retrouve dans un assez grand nombre d'études géologiques sur des tremblements de terre particuliers. Je crois très imprudent, et, en tout cas, tout à fait antiscientifique, de conclure ainsi, *de plano*, à l'existence de failles ou de fractures hypothétiques, non encore décelées par les études géognostiques locales. En outre, il s'en faut que

les failles doivent suffire à tout expliquer. Il est beaucoup plus simple et surtout plus rationnel de penser que l'effort tectonique tend actuellement à se manifester latéralement à la fracture primitive, le long de la ligne des épacentres latéraux, ou même à une certaine distance, effort qui peut d'ailleurs ne pas être maintenant le même que celui qui a donné naissance à cette faille. Rien ne prouve non plus qu'un effort tectonique doive toujours rompre les couches terrestres exactement là même où il s'exerce. On conçoit très bien aussi qu'une fois cette rupture produite, d'autres actions géologiques subséquentes l'aient ultérieurement déblayée, comme c'est précisément ici le cas, et alors le fait même du changement ainsi opéré par tous ces phénomènes dans les rapports mutuels de position, d'arrangement et d'équilibre des couches, peut avoir, pour notre époque, déplacé latéralement la ligne suivant laquelle les efforts tectoniques peuvent se traduire au maximum sous forme de sismes, qu'il n'est pas interdit non plus de considérer comme les avant-coureurs de la formation d'une faille future, si toutefois ces efforts ont conservé une intensité suffisante pour vaincre un jour la résistance élastique des couches mises en jeu. En tout cas, c'est une tentative de rupture.

L'existence des sismes sympathiques ou de relais vient à point aussi corroborer d'une façon générale les considérations qui précèdent et en particulier la non-coïncidence de leurs épacentres soit avec l'effort tectonique générateur, soit avec la faille avec laquelle on les croit concomitants.

Bien des régions à tremblements de terre sont faillées, et cela suffit à faire supposer que ces accidents sont causes de sismes, bien entendu dans le sens figuré et indirect exposé plus haut. Mais il suffit, pour montrer que cette supposition, pourtant si naturelle en apparence, peut être quelquefois fort hasardée et même fausse, d'observer que les failles constituent à la surface du globe un phénomène beaucoup plus général que les régions instables. Autrement dit, il ne manque pas de régions faillées et disloquées qui soient devenues stables à la suite de l'extinction des efforts tectoniques. On n'a même pas le droit de penser que s'il tremble dans un pays non faillé, il y a tendance à formation de faille, c'est-à-dire qu'un sisme n'est qu'une faille avortée. A plus forte raison, comme on l'a déjà dit, une ligne d'épacentres ne doit-elle pas être considérée comme prouvant l'existence d'une faille non encore observée. D'ailleurs, nous connaissons trop mal encore les causes secondes, probablement multiples, des tremblements de terre, pour vouloir faire des failles une théorie générale de ces phénomènes. La

sismologie a tout intérêt à patienter, à avouer même son ignorance, et à se passer dans tel ou tel cas particulier d'une explication qui viendra à son heure.

Toutes les régions faillées ne sont pas instables, a-t-on dit plus haut. Et il doit en être ainsi, non seulement par suite de l'ancienneté des dislocations qui a permis l'extinction de l'effort de rupture, mais souvent aussi parce que précisément la formation même de la faille a pu dans bien des cas épuiser pour longtemps et même pour toujours l'activité tectonique disponible. La rupture a pu amener les couches à un état parfait de repos et d'équilibre. Mais par contre, on peut être, semble-t-il, absolument certain que toute faille a été à sa naissance accompagnée d'un tremblement de terre plus ou moins violent et d'intensité en rapport avec la nature et l'élasticité des roches, avec la longueur de la fracture et l'amplitude de son rejet, s'il s'est produit d'un seul coup.

Les grandes failles ne sont pas également stables ou instables sur toute la longueur de leur parcours. La variété des phénomènes géologiques est assez grande pour qu'il n'y ait pas lieu de s'étonner d'une particularité dont les exemples sont nombreux. C'est ainsi que celle du canal Calédonien n'est vraiment sujette aux sismes que dans sa partie septentrionale, de Fort William à Inverness. Sur de telles longueurs, les actions tangentielles ou radiales ont fort bien pu s'éteindre plus tôt en certains points qu'en d'autres de la même fracture.

Systèmes de failles parallèles et perpendiculaires.

Il arrive souvent que dans une même région les failles ou fractures, contemporaines ou non, forment des systèmes parallèles se coupant plus ou moins orthogonalement. C'est par exemple le cas du Chili central, à l'Ouest de la grande dépression longitudinale qui court au pied des Andes. Dans ces conditions, on peut être fort embarrassé pour décider lequel des deux systèmes est encore actif sous forme de sismes. Il faut alors chercher suivant lequel des deux s'allongent les isoséistes, mais le problème en est rendu d'autant plus délicat que l'autre système intervient pour modifier la forme de ces courbes par suite des perturbations qu'elles apportent à la propagation du mouvement sismique, et qui peuvent aller jusqu'à l'ovalisation, masquant ainsi l'allongement parallèlement au premier système. On pourrait être tenté de s'adresser *a priori* au système le plus récent, mais on peut s'y tromper, des failles anciennes étant quelquefois moins bien consolidées que d'autres plus

récentes, avoir été par exemple cimentées par des phénomènes de filonnement ou d'injections de roches, comme on le dira plus loin.

Fractures volcaniques.

Il est un genre de fractures terrestres qui passent pour engendrer fatalement l'instabilité : ce sont celles dites volcaniques. C'est que volcans et tremblements de terre ont été si souvent associés comme titres d'ouvrages et en-têtes de chapitres que ces deux genres de phénomènes ont fini par être considérés comme indissolublement liés les uns aux autres. Mais dans les pays où ils se donnent tous deux libre carrière pour les désoler, l'instinct populaire, souvent très clairvoyant, a dès longtemps fait la séparation et pris les volcans pour des soupapes de sûreté relativement aux tremblements de terre. Autrement dit, les deux phénomènes s'excluent mutuellement au moins dans une certaine mesure. La séparation des sismes en volcaniques et tectoniques est assez récente, la science n'ayant ici que de loin suivi l'observation vulgaire, comme cela lui arrive quelquefois. Et l'on sait bien maintenant que les tremblements de terre qui accompagnent les éruptions, même les plus violentes et désastreuses, sont d'ordinaire faibles et d'extension restreinte. La Montagne Pelée et le Morne de Saint-Vincent viennent d'en donner un exemple frappant, encore présent à tous les esprits.

Si l'on considère à la surface du globe non plus seulement les volcans actifs, ou d'assez récente extinction pour qu'on les puisse supposer susceptibles de se rallumer, mais ceux qui aux époques géologiques les plus variées et les plus anciennes, comme les plus modernes, ont laissé leurs produits témoigner de leur activité passée, on s'aperçoit que sauf de très rares exceptions, les régions qu'ils ont occupées sont remarquablement stables. Des éruptions tertiaires d'une intensité dont on ne peut que difficilement se faire une idée aujourd'hui, ont couvert d'énormes surfaces dans le Dekkan, dans le Nord-Ouest de l'Amérique du Nord, etc. Et cependant ce sont, surtout le premier, des pays de tout repos sismique. Dira-t-on que la faille volcanique n'est plus là soumise à aucun des efforts tectoniques auxquels ces éruptions ont dû leur origine, et que, complètement épuisés par la grandeur même des phénomènes volcaniques manifestés et par l'énormité des masses épanchées ou projetées, ces efforts n'ont plus à peine que la force nécessaire pour se traduire, non par des sismes, mais seulement par des sources thermales, plus ou moins régulièrement alignées comme les volcans

eux-mêmes? Cette réponse est insuffisante, car il serait peu vraisemblable que presque partout les efforts orogéniques aient à peu près disparu avec les phénomènes éruptifs. Mais *Branco* a jeté un certain discrédit sur les failles ou fractures volcaniques, dont parlent tant de traités de géologie et de géographie, et à sa suite *Boese* a montré en particulier qu'une des plus importantes et classiques d'entre elles, celle du Mexique, n'existe réellement pas. C'est du reste en vain qu'on chercherait une coupe géologique construite sur le terrain et accusant la coïncidence entre une ligne de volcans et une vraie fracture *importante* de l'écorce terrestre. On est ainsi amené à penser que l'expression de faille ou de fracture volcanique est à rejeter du vocabulaire géologique, comme ne correspondant point, au moins en général, à une réalité objective et qu'il faut s'en tenir simplement à l'idée d'une ligne de moindre résistance facilitant l'épanchement ou la projection des matières volcaniques, mais sans qu'il faille pour cela éliminer complètement l'intervention des actions tectoniques. Ce qui est vrai, c'est qu'au voisinage des lignes de volcans se rencontrent le plus souvent des fractures de plus ou moins même direction, ou bien des effondrements de l'écorce terrestre, apparaissant dès lors comme des phénomènes subéquivalents de même ordre que ceux éruptifs, et souvent en relation avec des régions instables. C'est ainsi que près de la ligne volcanique des Petites Antilles se trouvent les lignes instables des Grandes Antilles et du Venezuela, les unes comme les autres liées aux actions d'effondrement pliocène de l'Atlantique et de la mer Caraïbe, de même que les éruptions du Dekkan se sont fait jour non loin du delta de l'Indus, qui occupe un des points par où la mer jurassique a entamé le vieux continent Gondwanien, celles des Hébrides et de l'Irlande du Nord-Ouest près des lignes d'effondrement pleistocène de l'Atlantique du Nord-Est, etc.

Volcans de boue, salses, soffionis.

Les volcans de boue et autres manifestations du même genre ne constituent pas non plus, tant s'en faut, un critérium d'instabilité. Il suffit pour s'en convaincre de rappeler que les sismes de la presqu'île de Taman viennent de la haute vallée du Kouban et que ceux de Bakou et de ses environs émanent de Schémakha. Au reste, ce sont là phénomènes apparemment d'origine bien plus superficielle que les éruptions volcaniques ordinaires. A plus forte raison donc ne seront-ils pas en relation directe avec des tremblements de terre, sauf dans certains cas particuliers.

Lignes thermales.

Souvent les lignes volcaniques anciennes passent avant leur extinction totale par une période pendant laquelle l'activité thermique est leur dernière manifestation extérieure. Rien d'étonnant donc qu'elles ne correspondent pas non plus avec des régions instables. Il peut cependant s'y produire quelques sismes faibles et locaux, d'autant plus qu'une circulation prolongée d'eaux chaudes par les diaclases des roches voisines ne peut manquer d'y apporter des modifications profondes par suite de phénomènes chimiques, de dissolution, et autres, qui s'y produiront à la longue.

Il en va tout autrement quand des régions très disloquées sont en même temps le siège de nombreuses sources thermales qui profitent des failles. Dans ce cas, les conditions deviennent d'autant plus favorables à l'instabilité sismique. Les Pyrénées, le Venezuela, l'Algérie fournissent des exemples de ce genre.

Tout ce qu'on peut dire d'une façon générale, c'est que les régions thermales volcaniques sont beaucoup plus souvent stables que celles non volcaniques. Dans chaque cas particulier, il faudra chercher la cause des sismes sans se laisser aller, comme *Otto Volger*, à de dangereuses généralisations. Ce sismologue a, en effet, donné une influence prépondérante aux phénomènes chimiques dus à la circulation souterraine pour expliquer la plupart des tremblements de terre de la Suisse, après avoir été amené à établir cette théorie pour ceux du Valais de juillet 1855, théorie très contestable même pour ce cas particulier. Il existe toutefois des sismes pour lesquels cette cause paraît certaine. On peut citer par exemple ceux du Simmenthal et, en France, ceux de Bourbonne-les-Bains.

Filons, dykes et laccolithes.

Certaines régions très disloquées sont quelquefois absolument stables, ou du moins les tremblements de terre y sont rares et faibles. On en conclut à la complète extinction des efforts tectoniques qui les ont bouleversées à des époques antérieures. Cela se présente notamment dans certains pays miniers, où le filonnement semble avoir cimenté les couches en un bloc rigide et s'opposant à tout mouvement par manque d'équilibre. On peut citer par exemple certaines parties de la Saxe à l'Ouest de la Suisse saxonne, la région du grand lac Supérieur, etc.

Ailleurs de très longues fractures, remplies postérieurement à leur

ouverture par des matières diverses ont acquis de la sorte une grande stabilité sismique. C'est le cas des grands filons de quartz du flanc méridional de l'Erzgebirge, ou du sillon de Bretagne, respectivement perpendiculaires et parallèle aux systèmes de plissements qu'ils accompagnent. On pourrait citer aussi d'innombrables dykes de porphyre, basaltes, etc., et tout autant de laccolithes de matières exprimées de bas en haut à un état plus ou moins fluide et visqueux. Bref, tous ces phénomènes semblent plutôt devoir apporter avec eux un élément de stabilité, ne serait-ce que par consolidation subséquente des roches avoisinantes.

Plissements.

La relation entre les tremblements de terre et les failles ou fractures de l'écorce terrestre a été mise en avant depuis longtemps, tandis que les plissements paraissent dans l'opinion générale des sismologues avoir jusqu'à présent joué un rôle beaucoup plus effacé. Cependant ce sont là deux phénomènes dont la nature ne diffère pas essentiellement au fond ; l'un et l'autre sont dus aux efforts tangentiels résultant du refroidissement séculaire de l'écorce terrestre ; il est donc tout à fait naturel de penser que si les uns ont un caractère sismogénique bien marqué, il doit *a priori* en être de même pour les autres. Ces efforts ont pour premier effet de comprimer les couches, puis de les plisser et enfin de les rompre, sans que l'on puisse pour cela exclure des ruptures ou des failles formées indépendamment de tout plissement préalable ; cela dépend, bien entendu, de la nature et de la disposition des couches. Quoi qu'il en soit, et suivant l'élasticité plus ou moins grande de ces couches, dans bien des cas on arrivera à l'un des trois stades suivants : simple compression, se traduisant par l'augmentation rapide des dimensions des blocs aussitôt extraits des carrières (grès de Monson) ; plissements, qui peuvent n'affecter que la constitution interne de la roche, ou se manifester en grand en modifiant la topographie de la région soumise à l'effort, et c'est surtout ce second effet qui intéresse la sismologie ; enfin rupture et production de failles plus ou moins étendues, avec ou sans rejet. Les renversements de plis, les chevauchements et les charriages ne sont que des phénomènes secondaires, en rapport avec l'intensité des actions tectoniques originelles, avec la disposition mutuelle des couches, les conditions du relief extérieur local, celles de concordance ou de discordance, etc. Bref, tous ces phénomènes résultant d'une même cause, il n'est pas surprenant qu'ils

puissent caractériser des régions instables, si les efforts primitifs ne sont point complètement éteints.

La simple compression peut-elle occasionner des sismes quand l'obstacle vient à céder, c'est évidemment possible, mais il serait difficile d'en citer des cas bien définis.

Quant aux efforts de plissement proprement dits, on n'a guère songé jusqu'à présent à les faire intervenir comme pouvant donner lieu à des sismes, ou à des régions instables, explicitement du moins. Il paraît cependant hors de doute qu'il en soit ainsi pour plusieurs systèmes, comme j'ai commencé à le démontrer pour l'Erzgebirge et comme je me dispose à le prouver dans un mémoire spécial pour les plis armoricains (hercyniens ou varisciques) de l'Europe du Nord-Ouest. Cette déduction de la persistance de ces efforts de plissement, pourtant bien anciens puisqu'ils datent de la fin de l'époque carboniférienne, s'impose parce que leurs directions sont jalonnées d'épicentres assez nombreux, non seulement là où, visibles extérieurement, ils s'accusent dans le relief du pays, mais encore dans les plaines et les pénéplaines, où, affaissés et masqués par des strates plus récentes, ils ne sont désormais reconnaissables que pour les géologues.

Cette persistance jusqu'à nos jours, sous forme de sismes, des efforts tangentiels de plissement aussi anciens, paraîtra beaucoup moins surprenante quand on se rappellera que les mêmes plissements ont joué dans les mêmes lieux à plusieurs reprises différentes correspondant à des époques géologiques séparées par de longues périodes de repos. La même remarque s'applique aux failles. En un mot, il y a des exacerbations intermittentes dans les actions tectoniques qui ont plissé ou disloqué l'écorce terrestre. On conçoit très bien dès lors que les efforts de plissement engendrent maintenant encore des tremblements de terre au même titre que ceux de rupture.

Là encore l'ancienneté plus grande ne correspond pas toujours à l'extinction, c'est-à-dire que des chaînes plissées antérieurement à d'autres peuvent être cependant plus instables. Comme résultats intéressants d'études qu'il ne s'agit pas de développer ici, je dois dire qu'à ma connaissance actuelle du moins, les plus anciens plissements susceptibles de jouer encore un rôle sismique sont ceux de la fin de la période carboniférienne. Les plissements calédoniens de l'époque dévonienne dans le Nord de l'Europe et de l'Amérique, et ceux présiluriens de la chaîne des Aravalis dans l'Indoustan, paraissent parvenus au repos le plus complet. Quant aux derniers plissements alpins, on ne saurait encore se prononcer en toute connaissance de cause en raison de la

complexité extrême des actions, qui ont donné aux Alpes, instables, leur configuration actuelle.

Quant à espérer mesurer l'augmentation de courbure qui pourrait résulter pour les plis sismiquement instables de la continuation sous forme de tremblements de terre des efforts tectoniques qui les ont engendrés, ce serait probablement une recherche encore plus délicate et peut-être plus illusoire que celle, tentée par *H. Darwin*, de l'augmentation du rejet des failles et du glissement relatif de leurs lèvres.

Enfin, si l'on a pu dire que vraisemblablement toute production de faille a été accompagnée d'un tremblement de terre, il serait certainement téméraire d'en affirmer autant des plissements.

Il n'est pas douteux que les renversements de plis, les chevauchements et les charriages de couches ne puissent correspondre à des régions instables. En particulier, *Oldham* a invoqué le premier de ces phénomènes pour les sismes de l'Assam, pays où se trouve une grande faille chevauchée (thrust-plane). Mais ces phénomènes se rencontrent aussi dans des régions stables. C'est que, dus à des actions tectoniques d'une incomparable intensité, ils ont justement à cause de cela même pu en marquer la fin, en raison de la grandeur du travail mécanique accompli.

Horsts.

Les horsts ou les massifs immobiles au milieu de voussoirs terrestres formés de couches plus récentes, et qui ont été à plusieurs reprises soumis à des mouvements d'élévation et de dépression, sont le plus souvent très stables, tandis que les couches qui viennent s'appuyer en discordance sur leurs bords sont plus fréquemment instables. Ici le manque d'équilibre est trop patent, comme cause possible de sismes à défaut d'autres, pour qu'il y ait lieu de développer ce point davantage.

Fragments des anciens continents.

Les grands fragments du continent primaire de l'hémisphère Nord, comme le Canada par exemple, et plus encore ceux de l'hémisphère Sud, comme l'Indoustan, l'Arabie et une grande partie de l'Afrique, ignorent presque complètement les tremblements de terre, sauf cependant sur leurs bords, comme ultime manifestation des actions relativement modernes qui les ont démantelés, et là surtout où ces mêmes actions ont commencé à les morceler. Cette simple remarque déjà

faite à propos des sismes du bas-Indus, par où la mer jurassique a pénétré dans le continent Gondwanien, montre combien est grande la dépendance entre la stabilité d'une région et son histoire géologique, et combien celle-ci est appelée à jeter un jour presque inattendu sur celles-là. Il s'ensuit aussi que l'étude, à ce point de vue, des transgressions marines anciennes, mais toutefois d'époques géologiques point trop reculées, peut aussi apporter son contingent de lumières, et ne doit pas être négligée.

Contrairement aux transgressions, certains points de la surface du globe sont restés depuis de très anciennes époques sur le bord des mers géologiques successives, ce qui se reconnaît par la succession complète des sédiments littoraux correspondants et déposés en concordance les uns sur les autres. Ce cas se présente notamment à Valogues, dans le Cotentin, et ce point, qui est resté indéfiniment sur le bord du continent armoricain, est stable. C'est donc que les actions verticales ou radiales qui ont, à une époque cependant assez récente, fait émerger ces couches au-dessus du niveau actuel de la mer, n'ont point actuellement persisté sous forme de sismes.

Limites de terrains.

Les limites de terrains jouent quelquefois un rôle sismogénique, assez bien défini. Cela se conçoit facilement par manque d'équilibre, surtout quand il y a discordance et brusque changement de niveau. En ces points, les efforts tectoniques voisins auront plus de facilité pour se manifester.

Bradisismes.

Ce qu'on vient de dire de la stabilité des environs de Valogues, comme conséquence de l'extinction des actions verticales ou radiales, nous amène tout naturellement maintenant à l'étude du rôle des phénomènes géologiques auxquels elles donnent lieu.

Issel a donné le très suggestif nom de bradisismes aux mouvements d'exhaussement et d'affaissement que l'on constate en bien des points de la surface terrestre, et qui se manifestent par les terrasses marines, à coquilles contemporaines ou quaternaires, exondées à des hauteurs variables au-dessus du niveau actuel de la mer, ou par des plages immergées que des restes de l'industrie humaine font reconnaître comme ayant été émergées à une époque peu ancienne. Ces phénomènes semblent plus fréquents dans les régions tempérées et polaires

que dans les régions chaudes, ou en tout cas y présenter un certain caractère de généralité en ce sens que les exhaussements sont sur de grands espaces exclusifs des affaissements, et inversement. Ce caractère très particulier a précisément conduit un certain nombre de savants, et non des moindres, à refuser à ces mouvements toute réalité et à les considérer comme des apparences résultant de modifications séculaires dans la forme de la surface d'équilibre des mers, modifications que l'on ne peut d'ailleurs guère expliquer que par des actions tout à fait hypothétiques d'ordre extraterrestre. Nous n'avons ici ni à nous prononcer pour ou contre, ni moins encore à développer de telles considérations. Il nous suffit de constater que d'une façon assez générale, ces mouvements, au moins apparents, des lignes des côtes, et quel que soit d'ailleurs leurs sens, ne coïncident pas avec des régions instables, sismiquement s'entend. Cette observation serait un argument en faveur de ceux qui nient la réalité de ces mouvements de l'écorce terrestre, à moins qu'on ne se contente de dire qu'étant de nature très superficielle, et que s'opérant fort lentement, ils ne sont généralement pas cause de sismes.

Il n'en est pas toujours ainsi cependant, en particulier quand ces mouvements ont atteint une amplitude considérable. Cela se présente par exemple en Ligurie. *Issel* a montré, dans son étude du tremblement de terre du 23 février 1887 sur la côte d'Azur, que les vallées actuelles du littoral se continuent sous mer jusqu'à une profondeur de 1800 m., ce que rend manifeste l'allure des courbes bathymétriques. Ce géologue a aussi étudié les conditions géologiques de cet important affaissement, il a reconnu dans les montagnes voisines des preuves d'un autre mouvement d'exhaussement de presque autant d'amplitude, et il a pu dater tous ces mouvements qui ne dépassent point l'ère messinienne, ou le Pliocène. L'instabilité bien connue des côtes liguriennes ne saurait guère être tout à fait indépendante des grandioses vicissitudes qui, pour *Issel*, n'ont peut-être pas encore dit leur dernier mot.

On connaît un certain nombre de cas où de grands tremblements de terre ont été accompagnés de modifications notables dans le relief terrestre : Croatie (tr. du 19 novembre 1880), Sumatra (tr. du 17 mai 1892), Assam (tr. du 12 juin 1897), etc., pour ne citer que les cas bien avérés, car on en connaît quelques autres moins certains, en Suisse et en Italie par exemple. Ces modifications ont été révélées par la géodésie. D'autres fois des vieillards ont pu constater dans le cours de leur vie des changements dans le paysage de leur pays, par exemple la visibilité d'un clocher d'un point d'où on ne pouvait l'apercevoir autre-

fois, et si ces observations n'ont pas le caractère de certitude des précédentes, que des opérations géodésiques ou des nivellements de précision rendent tout à fait indubitables, on ne doit cependant pas en nier la possibilité. Il faut donc bien admettre que dans certains cas l'écorce terrestre est encore soumise à des mouvements sensibles, qui laissent une trace permanente dans son relief, et loin de considérer ces modifications comme la conséquence des tremblements de terre à la suite desquels on les a constatées, il faut au contraire tenir celles-ci comme la véritable cause des tremblements de terre, ou mieux encore : modifications du relief et sismes sont des effets du même ordre, résultant d'une cause géologique commune. Cette dernière manière de voir s'accorde bien avec les travaux de *Lersch* et d'*Harboe* sur les changements de niveau autour d'Agram, lesquels ne se sont pas restreints à la période du tremblement de terre de 1880, mais paraissent l'avoir précédé de longtemps et avoir continué après. Le tremblement de terre aurait coïncidé avec une exacerbation de ce mouvement continu.

Les mouvements dont on vient de parler plus haut, Croatie, Sumatra, Assam, etc., ont été révélés par la géodésie ; ils sont donc hors de discussion, en tant du moins qu'ils ne sont pas de l'ordre des erreurs d'observation, ce qui nécessite un examen spécial dans chaque cas particulier. Ils ne dépendent pas directement des modifications, possibles d'après certains savants, du niveau de la mer. Il en est autrement quand on fait intervenir les nivellements non plus géodésiques, mais topographiques, ces derniers reposant sur l'invariabilité du niveau de la mer.

En 1888, le colonel *Goulier* a comparé les résultats du nivellement de la France par *Bourdaloue* (1857-1863), révisé par le colonel *Richard*, avec ceux du nivellement de précision, commencé en 1884, et cela plus spécialement pour la région qui s'étend de Marseille à Lille. Il a trouvé que l'écart des deux séries d'observations, nul à Béziers et à Marseille, augmente graduellement et assez régulièrement du Sud au Nord, pour atteindre 0^m,78 à Lille, soit une différence de 1 millimètre par 27 kilomètres. Il en résulterait un mouvement général d'affaissement du sol de la France, dans cette zone tout au moins, autour d'une charnière méridionale. On a pas manqué de faire observer que sur une aussi grande distance, ces écarts peuvent être exclusivement attribués aux erreurs d'observation, et au sein de la Société géologique de France a eu lieu en 1890 une discussion contradictoire relative aux assertions de *Van den Broeck* qui, étudiant la marche des courbes d'égale dénivellation du colonel *Goulier*, avait émis l'opinion que les massifs des

roches cristallines, surtout des plus anciennes, formaient comme des butoirs, ou des horsts, qui, contrariant le phénomène, ne semblaient pas y obéir autant que les terrains secondaires et tertiaires plus meubles, et forçaient ces courbes à les contourner. *Van den Broeck* n'a vu dans cette allure de ces courbes qu'un effet de résistance propre des massifs cristallins, et dans l'augmentation des écarts du Sud au Nord une conséquence du travail orogénique qui, à des époques assez récentes, s'est manifesté, avec une intensité considérable, dans la région méditerranéenne, il faudrait ajouter et alpine. Sans nier la valeur de l'objection relative à la grandeur des erreurs d'observation, je dois dire ici que ces courbes ne me paraissent pas absolument indépendantes des régions stables et instables de la France entre la Méditerranée et la Manche. De même que pour la Croatie, je crois qu'il y a lieu de revoir les résultats des études comparatives de nivellement d'époques différentes, car la remarque faite tout à l'heure tendrait à montrer qu'il y a là autre chose que le résultat d'erreurs systématiques. La question ne doit pas être considérée comme entièrement résolue dans le sens négatif, ainsi qu'on l'a fait à la Société géologique de France.

Les submersions récentes qui ont donné lieu à des mers peu profondes peuvent avoir leurs côtes stables ou instables, quoique ces mers ne soient pas très distantes les unes des autres. C'est le cas de la mer du Nord et de la Manche, ouvertes toutes deux à l'époque pleistocène et qui prolongeaient les vallées du Rhin et de la Seine, par des vallées qui s'étendaient jusqu'à hauteur des îles Feroë d'une part, et de celles des Scilly et du Finistère d'autre part. Les côtes bretonnes et anglaises de la Manche sont assez souvent ébranlées par les sismes, tandis que celles de la mer du Nord n'en ressentent presque jamais. Si donc on veut que dans le premier cas les actions de submersion qui ont au Sud et à l'Ouest isolé les îles Britanniques du continent, aient encore quelque influence sur la production des tremblements de terre des côtes de la Bretagne et de la Cornouailles, il faut chercher quelque différence locale de nature à expliquer la stabilité des côtes orientales de l'Angleterre. Sans qu'il soit besoin de développer ce sujet, on notera seulement que le fond plat de la mer du Nord repose, par l'intermédiaire d'alluvions continentales et glaciaires, sur des sédiments tertiaires et secondaires, qui se prolongent en pente douce jusqu'à la chaîne occidentale ou Pennine, tandis que pour la Manche le fond s'appuie directement et en discordance contre les massifs primaires disloqués, restes du vieux continent du Nord-Ouest de l'Europe.

Ces quelques considérations montrent combien on doit se garder

des généralisations hasardées, et combien peuvent différer en stabilité sismique des régions qu'un examen un peu superficiel aurait fait considérer comme se trouvant dans des conditions géomorphogéniques semblables.

Relief.

Par lui-même, le relief n'a pas d'influence sismogénique bien marquée. On peut bien citer des régions où le tassement de couches horizontales meubles semble occasionner des tremblements de terre faibles et locaux, et d'autres où ils proviennent d'éboulements ou de glissements résultant de pentes trop fortes présentées par des couches discordantes ou mal assises. Mais ce sont là de simples accidents ne correspondant pas à ce qu'on est convenu d'appeler des régions sismiquement instables.

Il en va tout autrement si l'on considère le relief comme la résultante actuelle des actions géologiques, tectoniques et géomorphogéniques antérieures. Alors on voit nettement la stabilité ou l'instabilité sismiques en relation avec l'histoire des vicissitudes du passé. Et le moment est bien venu de justifier les lois de relations entre le relief et la sismicité que j'ai énoncées en 1895. A cette époque, j'étais parvenu à terminer la description sismique du monde entier, autant du moins que les documents d'alors pouvaient le permettre, et quoique la publication n'ait pu se terminer que plus tard. Ces lois résultaient uniquement d'un examen, même sommaire et superficiel, de mes cartes sismiques, et je les considérais comme donnant des caractères au moyen desquels on pouvait différencier des régions voisines, quant à l'importance et au nombre des sismes qui les agitent en moyenne. C'étaient donc des lois purement relatives que la continuation de mes recherches n'a point infirmées, loin de là.

Or on peut synthétiser ces lois de la façon suivante : Il y a tendance à plus grande instabilité dans le cas de brusques et importants changements de pente et de niveau. Qui ne voit que ces derniers caractères correspondent en général à de grandes dislocations d'ordre géologique et à de puissantes actions tectoniques ou géomorphogéniques, dont l'influence sur la sismicité est indéniable? Ces lois semblent donc bien, d'après tout ce qui précède, représenter la réalité des faits; il est trop naturel de penser que l'instabilité sera d'autant plus grande que ces actions auront plus profondément accentué le relief des régions considérées, sans compter qu'on est aussi en droit de faire intervenir dans une certaine mesure le plus ou moins de soutien ou d'équilibre des

couches terrestres, dernier facteur qui dans bien des cas permet aux actions géologiques persistantes de se manifester plus facilement sous forme de sismes.

Mais le relief résulte aussi d'effets d'érosion et de dénudation qui sont venus donner le dernier coup de ciseau au paysage. Il va sans dire que ces actions toutes superficielles ne peuvent avoir d'influence sismogénique marquée. Elles ont pu agir au maximum et laisser la région parfaitement stable. C'est le cas, par exemple, de la Suisse saxonne, un des pays les plus pittoresques du monde, que l'on prend ici parmi beaucoup d'autres. Deux systèmes de diaclases, à peu près orthogonaux entre eux, ont transformé la surface horizontale du grès crétacé supérieur (*Quadersandstein*) en une sorte de gigantesque mosaïque. Puis les cours d'eau se sont frayé un chemin par les plus importantes fractures en creusant de véritables cañons, et après qu'un certain nombre des éléments de la mosaïque eurent été déblayés, abrasés et entraînés au loin, les autres sont restés en place en forme de piliers de terrains plus anciens, couronnés d'entablements de grès cénomaniens constituant autrefois un manteau continu. La Suisse saxonne est stable parce que les actions tectoniques qui ont ouvert les diaclases sont entièrement éteintes, et cela en dépit du caractère violemment disloqué du pays, où les actions de dénudation et d'érosion ont atteint une extraordinaire intensité.

Tous les phénomènes dont on vient d'esquisser rapidement le rôle sismogénique possible, ressortissent directement à la géologie. Il en est quelques autres qui ne laissent pas que de donner quelquefois de précieuses indications sur la raison d'être de l'instabilité sismique.

Déviation du fil à plomb.

Les déviations du fil à plomb permettent dans certains cas de suggérer une explication aussi plausible qu'inattendue des tremblements de terre de certaines régions. La vaste plaine alluviale qui s'étend sur quelque 1 600 kilomètres du delta du Gange et du Brahmapoutre à celui de l'Indus, est en plusieurs points le siège de tremblements de terre, sinon très nombreux, du moins assez intenses pour avoir quelquefois produit des dégâts, à Delhi par exemple. Ils ne peuvent être attribués aux dislocations de l'Himalaya, et vers le Sud les accidents géologiques des parties voisines de la péninsule indoustannique sont dénués de toute activité sismique. On ne savait trop à quoi les attribuer, et l'on en était réduit à penser que les puissantes alluvions de la plaine cachaient des dislocations inconnues des couches profondes sous-

jaçentes, procédé d'explication qui ne pouvait satisfaire personne. Qu'il me soit permis de lancer ou plutôt de suggérer, *pour ce qu'elle vaut* bien entendu, une opinion à ce sujet et qui permet de concrétiser l'explication précédemment donnée.

Depuis longtemps on savait que l'Himalaya n'infligeait point au fil à plomb la déviation que son énorme masse aurait dû faire supposer. On en concluait à un manque de densité quelque part dans cette portion de l'écorce terrestre; mais ce n'était guère là que répondre à la question par la question. Or M. *Burrard* vient de constater qu'au Nord de la ligne qui joint Calcutta au Radjpoutana le fil à plomb est dévié vers le Sud et qu'au Sud de cette même ligne il l'est vers le Nord. Cette double observation, concordante des deux côtés de cette ligne, rend évident un excès de densité au-dessous d'elle, c'est-à-dire dans une région bien localisée, et on ne peut l'expliquer que par un substratum de roches denses formant vraisemblablement les racines de quelque ancienne chaîne de montagnes, complètement abrasée et effondrée, que la géologie seule n'avait point encore fait soupçonner. Or qui dit chaîne de montagnes, évoque l'idée de nombreuses et intenses dislocations. Il est dès lors moins surprenant que la plaine indo-gangétique éprouve quelques sismes en relation avec ces dislocations inconnues, et l'hypothèse faite antérieurement n'est plus aussi en l'air.

Déviations des courbes magnétiques.

On n'en a point encore fini avec des phénomènes tout à fait étrangers à la sismologie, en apparence du moins, et qui peuvent dans certains cas mener sur la voie de l'explication de l'instabilité de certaines régions. Les courbes du magnétisme terrestre sont dans ce cas, parce qu'elles sont nettement influencées par la nature des roches sous-jacentes et par leur arrangement mutuel, c'est-à-dire par la disposition relative que leur ont donnée les actions tectoniques antérieures. Il est donc certain que leurs irrégularités, reflétant en quelque sorte la constitution du substratum, pourront donner lieu à des suggestions intéressantes, quant à l'instabilité des régions où on les rencontrera. Jusqu'à présent, ce point de vue tout spécial n'a pas été mis en œuvre, on s'est contenté seulement d'étudier les perturbations subies par ces courbes à la suite des grands tremblements de terre, par exemple *Tanakadate* pour celui de l'Owari et du Mino en novembre 1891. Malheureusement, je ne saurais citer actuellement d'exemples bien définis où l'on pourrait faire usage de telles suggestions.

LES BONITI DU MONTE NERONE

PAR

TITO ALIPPI (1)

Depuis que M. Van den Broeck, en 1895, a attiré l'attention des savants (2) sur les mystérieuses détonations qui se font entendre dans la mer du Nord et dans les régions terrestres et maritimes circumvoisines, détonations qui y sont nommées *mistpoeffers*, beaucoup de personnes, en Italie, annoncèrent que le phénomène n'était pas limité à ces régions, mais qu'il était connu depuis longtemps des populations de certains autres pays. Le professeur Cancani a étudié le phénomène dans l'Ombrie, où il a reçu le nom de *marina* (3); le professeur Simionelli l'a observé dans le Val d'Orcia (Sénèze) et dans les campagnes du Grossetano, où il n'est pas connu simplement sous le nom de *marina*, mais de *ruglio della marina* (4); le professeur Cancani a envoyé un second mémoire à l'Académie des Lincei (5) sur les *rombi laziali* du 16 février 1900; le professeur Baratta s'est occupé des *mistpoeffers* italiens, ou, comme on les appelle sur les lieux, *tuono* ou *muggio della balza* et *trabusso* sur le territoire Faentino et dans la Romagne toscane (6); enfin, j'ai publié dans le bulletin de la *Società Sismologica italiana* une note sur les *mistpoeffers* de la Calabre, c'est-à-dire sur les bruits qui se firent entendre, d'une manière très distincte, le long de

(1) *Boll. della Soc. Sism. ital.*, vol. VIII, 1902.

(2) E. VAN DEN BROECK, *Un phénomène mystérieux de la physique du globe*. Bruxelles, 1895-1896. (Extrait de *Ciel et Terre*.)

(3) *Barisal guns — Mistpoeffers — Marina*. (BOLL. DELLA SOC. SISM. ITAL., vol. III.)

(4) Dans le périodique *La Coltura geografica*. 15 marzo 1899, anno I, n° 5.

(5) *I rombilaziali del 16 Febbraio 1900*. Note de A. Cancani. Vol. IX, 1^o sem., série V, fasc. 9. (COMPTES RENDUS DE LA R. ACC. DEI LINCEI.)

(6) MARIO BARATTA, *A proposito dei Mist-poeffers italiani*. (SOC. GEOGR. ITAL., Rome.)

la vallée du Crasi, en janvier 1901 (1). La liste serait, à ma connaissance, chronologiquement complète, si j'avais parlé du *bombio* du Monte Nerone dont s'occupe M. Issel dans son étude sur le tremblement de terre *Umbro marchigiano* de décembre 1897 (2); mais j'ai voulu garder, en dernière et bonne place, l'étude du géologue génois, pour l'ajouter à ma modeste note.

Dans ce mémoire, M. Issel dit que les *rimbombi* (retentissements, bruissements, bruits) ou *fragori sotterranei* (grands bruits, fracas souterrain) — bien différents de ceux que l'on appelle *rombi* et qui précèdent ou accompagnent toujours les tremblements de terre — sont un phénomène tellement familier dans l'Apennin « qu'ils y sont désignés par des vocables particuliers, méritant d'être introduits dans le langage scientifique, pour remplacer les expressions générales et indéterminées dont on use continuellement. La production des *fragori* s'exprime par le verbe *bombare*, et leur répétition se nomme *bombio*. » Ces vocables de *bombio* et de *bombare* sont en usage, d'après M. Issel, dans l'Ombrie, à Caifirenze, village situé près du passage de la *Seriola* (Apennin), à l'Ouest du Monte Nerone, d'où il semble que proviennent les *fragori* souterrains. Au contraire, à Piobbico, au Nord du Monte Nerone, ils sont connus sous le nom de *bonniti*, mais, là aussi, on pense que leur point de départ est le Monte Nerone. Dans les campagnes du Fabriano, comme je l'ai dit dans mon autre note, ce phénomène est connu et indiqué sous le même vocable : *bonniti*. Mais il serait très risqué d'admettre que les *bonniti* du Fabrianese dérivassent du Monte Nerone, parce que la distance est sensiblement plus grande. A ce point de vue, je n'ai pas d'autres renseignements et ne puis — au moins dans cette note — m'en occuper. Mais je crois opportun d'attirer un moment l'attention du lecteur sur l'identité du vocable sous lequel est connu le phénomène dans des régions éloignées, où les dialectes sont variés et entre lesquelles les communications ne sont ni fréquentes ni rapides. Puisque le mot vient du langage populaire, il y a lieu de penser qu'il a été suggéré par le ton et l'allure acoustique du phénomène, dont il reproduirait l'harmonie imitative. Ainsi, le mot *bombare*, trouvé par Issel dans les campagnes des environs de Caifirenze (Ombrie), cherche à reproduire l'harmonie imitative et, — ce qui est le plus important, — la même harmonie imitative commençant, si l'on peut dire, avec le même son *bom* et *bon*.

(1) T. ALIPPI, *I Mist-poeffers calabresi*. (BOLL. DELLA SOC. SISM. ITAL., vol. VII.)

(2) A. ISSEL, *Il terremoto del 18 dicembre 1897*. (ATTI DELLA SOCIETA LIGUSTICA DI SCIENZE NAT. E GEOGR., vol. IX, et BOLL. DELLA SOC. SISM. ITAL., vol. V. pp. 59-71.)

Au sujet de ces *bonniti* du Monte Nerone, j'entends exposer ici les quelques renseignements que j'ai pu recueillir; ils sont peu nombreux, mais recueillis avec soin par des personnes méritant toute confiance par leur savoir et leur sérieux.

La science voudrait plus et mieux, mais à défaut de plus et de mieux, je crois que les observations populaires doivent mériter quelque considération, et quand elles ont été recueillies avec circonspection, elles doivent être conservées et étudiées avec soin. Un argument considérable en leur faveur est l'admirable concordance dans le caractère et le son et la profondeur de ces bruits dans tous les pays, bien que la discordance que l'on rencontre quand on se base sur l'observateur populaire, qui voit un rapport entre le phénomène des détonations, l'état atmosphérique et les saisons, soit également grave. Cette concordance pourrait être un indice de leur indépendance des facteurs météorologiques et de leur origine exclusivement endogène.

Vers la fin de mai dernier, quelques journaux de la région annonçaient que de forts bruits avaient été entendus à Cagli le soir du 23. Je me procurai immédiatement des nouvelles plus précises et je sus que ledit soir, entre 9 et 11 heures, il avait été entendu, par les uns deux, par d'autres trois et par d'autres encore jusqu'à sept bruits ressemblant à celui du tonnerre et de tonalité basse et souterraine. Le ciel était couvert et l'air froid et agité. La provenance parut être du Sud-Ouest, soit du Monte Nerone. Le caractère du son coïncide, comme on le voit, avec le deuxième type de l'échelle Davison, type qui est un des plus fréquents. Ces bruits furent entendus, le même soir, à Piobbico ou, plus exactement, à Rocca Leonella, paroisse au faite du Monte Nerone, vers le Nord-Est, à 554 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ils se répétèrent vers le milieu de la nuit, du 4 au 5 juin, mais cette fois furent entendus seulement à Rocca Leonella, que je sache, et non à Piobbico ni à Cagli. En août, à une date non indiquée, on en entendit encore très distinctement à Rocca Leonella, et non au voisinage de Piobbico, de même que quelques secousses de tremblement de terre de troisième degré furent signalées aux environs de cette époque, bien qu'elles n'aient pas été ressenties à Piobbico.

Dans l'espérance que la fortune me favoriserait, je me rendis à Piobbico, le 15 juillet, pour tenter le jour suivant l'ascension du Monte Nerone, pourvu dans ce but d'un petit bassin et d'un peu de mercure qui aurait servi pour me déceler l'état de tranquillité ou de vibration du sol, durant les bruits, en admettant que j'aurais pu les entendre. Mais toute espérance s'évanouit et durant ma courte présence là haut le phé-

nomène ne se manifesta pas. Cependant, je pus recueillir de précieux renseignements de l'ingénieur Domenico Michelini, conseiller provincial et homme d'un esprit élevé et d'une culture peu commune. Pour lui, qui a passé à Piobbico presque toute sa vie, le phénomène des *rombi* n'est ni nouveau ni extraordinaire, mais il se souvient de les avoir entendus, depuis son enfance, avec une fréquence et une intensité variables. La rumeur est basse, sourde et ressemble à une explosion lointaine; elle répondrait ainsi au type 6 de l'échelle Davison. M. Michelini, voulant faire une comparaison plus précise, assimile ces *rombi* au sourd frémissement de la vapeur dans une chaudière sous pression; d'où, insiste-t-il, le nom qu'on leur donne dans ce pays de *bonniti a sordo* plutôt que de *bonniti*. L'automne et le printemps seraient les saisons durant lesquelles le phénomène est le plus fréquent et annoncerait le changement de temps en bon ou en mauvais, et en hiver, la neige. Quoi qu'il en soit, j'ai une tendance à croire à une origine purement endogène du phénomène que j'étudie, plutôt qu'à une cause atmosphérique.

Dans ma note précédente sur les *mist-poeffers calabresi*, je disais qu'en Calabre, la croyance populaire considère ces bruits comme un présage d'une prochaine chute de neige, si bien qu'à Pietrafitta, près de Cosenza, on les appelle *tuoni delle neve*. Cette croyance populaire est rapportée par le Dr Cancani pour l'Ombrie, par le professeur Simonelli pour la vallée d'Orcia et par le professeur Baratta pour la Romagne toscane (1). Et dans mon mémoire, sur la foi d'un distingué collègue fabrianais, je dis que dans les campagnes du Fabriano, les habitants déclarent qu'ils sont menacés d'une chute de neige quand il se met à *bonnire*. Dans les campagnes d'Urbino, on entend quelquefois également les *bonniti* et, ici aussi, ils sont considérés par les habitants comme un présage de mauvais temps et de neige. Qui sait si, un jour ou l'autre, je ne réussirai pas à les entendre moi-même et à les étudier un peu mieux (2)?

L'ingénieur Michelini m'assure que les détonations s'entendent particulièrement bien sur les versants du Nerone et du Carpegna, et que la direction d'où elles semblent provenir est celle de la montagne.

(1) Voir les notes citées.

(2) Ce mémoire était déjà prêt pour l'impression, quand la note suivante me tomba sous les yeux. Elle est due à P. Serpieri, fondateur de l'Observatoire d'Urbino et fait suite à son *Rapporto delle osservazioni fatte sul terremoto avvenuto in Italia la sera del 12 marzo 1873*. (Extrait du supplément à la *Meteorologiu italiana*, 1872.)

Telle est la faible contribution que je puis apporter à l'étude de cet intéressant phénomène. Naturellement, étant donnée l'absence d'observations vraiment scientifiques, on ne peut rien conclure, ni en faveur de l'hypothèse endogène ni en faveur de l'hypothèse atmosphérique. Cependant, la première me paraît la plus probable, parce que les relations que le peuple trouve entre les détonations et l'état atmosphérique n'ont pas, à mon avis, grande valeur. Il est remarquable de voir combien la coïncidence accidentelle de faits entièrement indépendants produit, spécialement dans les campagnes, des jugements vains et entachés de superstition, surtout pour ce qui concerne les phénomènes météorologiques. Pour en citer un cas, je rappellerai la relation que l'on prétend trouver entre le temps et les phases de la lune.

L'hypothèse endogène, au contraire, est corroborée par des considérations désormais bien connues de tous ceux qui ont lu les mémoires cités et par quelques autres qui méritent peut-être d'être exposées.

1° Les *bonniti* du Monte Nerone entendus cette année coïncident avec des périodes sismiques : les *bonniti* de mai, avec des secousses de tremblements de terre signalées plusieurs fois, entre mai et juin, à Urbino, Apecchio, Città di Castello, Arezzo, etc. ; les *bonniti* d'août, avec des secousses qui furent ressenties au même moment dans les mêmes localités.

2° Les *rombi*, les détonations ou *mispoeffers*, comme on voudra les nommer, se produisent dans des pays situés près d'une montagne ou près de chaînes de montagnes, ou près de lignes de fracture. Ainsi, les *rombi* de la Romagne toscane semblent provenir des contreforts de l'Apennin et du mont Falterona (1); les *rombi* de l'Ombrie et des Marches, de l'Apennin, en général, et plus spécialement du Monte Nerone; les *rombi* de la basse Ombrie se produisent dans des pays situés aussi sur les contreforts de l'Apennin (Spoleto, Narni, Terni) et célèbres pour leurs tremblements de terre (Morcia) (2); les *rombi* du val d'Orcia non loin du mont Amiata; les *rombi* calabrais, étudiés par

A l'occasion du violent tremblement de terre du 3 juin 1874, « d'autres secousses suivirent à Cagli, jusqu'à quarante en vingt-quatre heures, pendant plus d'une semaine; elles furent spécialement fortes les 13, 15, 21 juin et le 27 juillet. Toutes étaient accompagnées de forts mugissements souterrains (*bomboli*) provenant du mont Nerone. Ce mont avait d'ailleurs l'habitude de produire ces bruits, mais plus faiblement et plus rarement. Il y a peu d'années, on entendit un soir, à Urbino, quelques-uns de ces *bomboli*.

(1) BARATTA, note citée.

(2) CANCANI, note citée.

moi, dans la vallée du Crati, le long d'une véritable ligne sismique. A ce que je sais, jusqu'aujourd'hui au moins, personne n'a signalé de *mistpoeffers* dans la grande plaine padouane.

Mais un fait, reconnu en premier lieu par moi, milite aussi en faveur de l'hypothèse endogène. En août dernier, selon ce que m'en dirent les frères Ottaviani, habitants de Rocca Leonella, — desquels j'ai eu beaucoup d'aimables et intéressantes informations, — des secousses de tremblement de terre qui eurent lieu dans cette localité ne furent pas ressenties dans le voisinage de Piobbico, et il y eut également des *rombi* qui se firent entendre au même moment. Le presbytère, dans lequel ils habitent, est dans des conditions excellentes pour l'observation, puisqu'on y ressent n'importe quelles vibrations venant du Nerone, qui le surmonte, que ces vibrations soient d'ordre acoustique ou d'ordre sismique, car cette maison est solidement plantée sur un éperon calcaire qui fait partie du massif de la montagne, dont il est séparé par un petit fossé. Ces conditions spéciales et la grande tranquillité du lieu feraient, à mon avis, de cette maison un observatoire sismique de premier ordre. Si de diligents observateurs pouvaient constater un grand nombre de fois le renouvellement du phénomène par lequel, à 3 ou 4 kilomètres en ligne droite, c'est-à-dire à Piobbico, on ne ressent plus ni bruits ni secousses, alors que, au contraire, on les observe bien en haut du Nerone ou *sur la roche du Nerone*, l'analogie sinon l'identité et l'unité entre la cause des vibrations acoustiques et celle des vibrations sismiques en serait considérablement renforcée. Mais pour pouvoir en toute certitude assigner au phénomène dont nous nous occupons une cause endogène, il faudrait une étude vraiment sérieuse, conduite par des savants et avec l'aide de tous les instruments dont dispose la géodynamique moderne. Qui sait si, en suivant cette voie, on n'arriverait pas, avec le temps, à pronostiquer quelques tremblements de terre?

Puisque je ne me propose pas de soutenir une thèse, mais de signaler les faits comme j'en ai eu connaissance et d'en tirer les conclusions qui me paraissent logiques, qu'elles soient pour ou contre l'hypothèse d'une origine endogène du phénomène, — laquelle à d'autres comme à moi paraît la plus probable, — je me trouve obligé de formuler quelques questions.

Les *rugli della marina*, la *marina*, le *trabusso*, le *muggio di balza*, les *bonniti* — tous ceux qui s'en sont occupés le reconnaissent — présentent une grande ressemblance avec les *mistpoeffers* étudiés par M. Van den Broeck sur les côtes de la mer du Nord et avec les *barisal*

guns des Indes anglaises. Mais en Hollande, il n'existe aucune des conditions topographiques et géologiques par lesquelles nous cherchons à expliquer les *mistpoeffers* italiens; on n'y voit ni montagnes, ni grandes lignes de fracture, ni tremblements de terre, ni volcans. Si le phénomène est identique, les causes ne peuvent donc pas en être les mêmes. Et alors? Peut-être que les *mistpoeffers* hollandais sont vraiment un phénomène électrique et thermique de l'atmosphère, se produisant là-bas dans les brumes de la mer du Nord, et que les nôtres ne sont que des bruits sismiques ordinaires qui se manifestent aussi sans accompagnement de tremblement de terre, dans un pays comme l'Italie, qui, contrairement à la Hollande, est des plus riches en manifestations endogéniques de toutes sortes. Et les *barisal guns* des Indes anglaises appartiendraient-ils à ceux-ci ou à ceux-là?

Pour moi, il me suffit d'avoir porté à la connaissance des savants qui s'occupent de la physique terrestre les quelques faits que j'ai pu recueillir et d'avoir contribué à fixer leur attention sur ce phénomène encore mystérieux.

Observatoire météorologique et géodynamique
d'Urbino, octobre 1902.

(Traduit par GEORGES ENGERRAND.)



LE PROGRÈS
DES
ÉTUDES SISMOLOGIQUES

PAR
A. DE LAPPARENT

Seismological investigations, in *British Association Annual Reports* 1881 à 1901. — OLDHAM, *The great indian Earthquake of 1897*, in *Memoirs of the Geological Survey of India*, t. XXIX (1899). — OLDHAM, *On the propagation of earthquake motion*, in *Philosophical Transactions*, vol. 194, p. 155. — J. MILNE, *Seismological observations and earth physics*, in *Geographical Journal*, XXI (1903), p. 1.

La sismologie, c'est-à-dire l'étude systématique des tremblements de terre, a fait dans ces derniers temps des progrès considérables. La coopération, nationale ou internationale, s'y est exercée avec le plus grand profit pour la science et, grâce à une vigoureuse impulsion, il a suffi d'un très petit nombre d'années pour que la méthode des observations coordonnées mît en lumière des résultats de la plus haute importance, dont quelques-uns même étaient, on peut le dire, absolument inattendus.

Malheureusement tout ce progrès s'est accompli en dehors de nos frontières et sans notre participation. Peu intéressée par elle-même, semblait-il, à un ordre de phénomènes dont elle a eu très rarement à souffrir, la France est restée à l'écart du concert auquel s'associaient les autres nations. Seules, quelques individualités distinguées ont continué, chez nous, à s'occuper isolément de la question, mais sans pouvoir bénéficier de l'organisation établie. Il est douloureux de penser

qu'à l'heure présente il n'existe sur notre territoire qu'un seul sismographe en fonctionnement régulier (1). Encore est-il loin d'offrir, par sa construction, les conditions requises pour devenir un rouage tout à fait utile dans le réseau des observatoires associés.

C'est donc aux publications étrangères que nous devons nous adresser pour être au courant des résultats acquis. Heureusement, dans les derniers temps, ces publications ont été nombreuses et de grand intérêt. En première ligne, il faut nommer les rapports annuels que fait paraître depuis 1881 le Comité spécial de l'*Association britannique pour l'avancement des sciences*, et où se déploie la féconde activité de M. John Milne, le véritable initiateur des études systématiques de sismologie. Ensuite doivent venir les notes insérées aux *Beiträge der Geophysik*, sous l'impulsion de M. le Prof^r Gerland, de Strasbourg, celui qui de nos jours a pris, sur le continent, la tête du mouvement; puis les publications des sociétés spéciales, anglaises ou italiennes, telles que les *Transactions* de la Société sismologique d'Angleterre. D'autre part, le tremblement de terre survenu dans l'Inde le 12 juin 1897, l'un des plus considérables que l'histoire ait enregistrés, a été, de la part de M. Oldham, l'objet d'une étude magistrale, dont les résultats sont en parfait accord avec ceux qu'a obtenus l'Association britannique.

Enfin, tout récemment, devant la Société de géographie de Londres, M. J. Milne a donné un résumé, aussi net que concis, des notions qui peuvent être considérées comme établies depuis que fonctionne la nouvelle organisation. Sans nous astreindre à une analyse séparée de ces divers documents, nous voudrions essayer d'en résumer ici les données principales.

C'est en Italie que l'intérêt des observations sismologiques a été le plus tôt apprécié. C'est là que les premiers appareils enregistreurs ont été inventés et mis en fonctionnement. Cependant, en dehors de la Calabre, les secousses importantes ne sont pas très fréquentes dans la péninsule, et, d'autre part, le voisinage de centres volcaniques très actifs, comme le Vésuve, l'Etna, le Stromboli, expose les observateurs, presque malgré eux, à établir une dépendance trop étroite entre les trépidations du sol et les manifestations d'une activité éruptive évidemment prépondérante.

Il en est autrement au Japon. C'est assurément le pays de la terre le

(1) C'est celui que M. Kilian, doyen de la Faculté des sciences de l'Université de Grenoble, a établi dans son laboratoire de géologie.

plus fortement secoué, au point que les habitudes journalières doivent être réglées en tenant compte de cet inévitable danger, en vue duquel s'impose un mode spécial de construction des demeures. Le nombre des secousses authentiquement enregistrées n'y est pas inférieur à mille par an. D'autre part, le Japon possède aussi des volcans très actifs ; mais le phénomène éruptif est secondaire relativement à la fréquence et à l'intensité des secousses sismiques. Nulle part donc une étude systématique ne peut disposer de plus d'éléments, ni obtenir plus facilement la coopération d'un grand nombre d'observateurs ; car personne, dans le pays, ne saurait se désintéresser d'un ordre de choses qui trop souvent s'impose à l'attention par de véritables catastrophes.

Ainsi s'explique le succès obtenu par M. Milne, lorsque, au début d'un séjour au Japon, qui devait durer sept années, il entreprit d'organiser, par le concours des bonnes volontés locales, un service régulier d'informations. En 1881, ce service comprenait plusieurs centaines de stations, dont plus de dix avaient été munies d'appareils enregistreurs, combinés de manière à faire connaître avec précision l'heure, l'amplitude et la direction des secousses.

Dès la première année, la discussion de tous les renseignements recueillis avait suffi pour mettre en évidence un résultat remarquable : c'est l'indépendance presque absolue qui existe, au Japon, entre les manifestations volcaniques proprement dites et les ébranlements sismiques, ou, pour parler le langage adopté, entre la *volcanicité* et la *sismicité*. Aucune des secousses principales, ressenties dans la contrée, ne coïncidait avec une éruption ; et, par contre, les paroxysmes volcaniques survenus pendant le même temps, même les plus violents, n'avaient produit que des ébranlements insignifiants, sans comparaison avec ceux qu'aucune éruption n'avait accompagnés.

Bientôt d'ailleurs se dégageait des observations un second résultat, encore plus significatif que le premier. Il est très rare qu'un tremblement de terre se fasse sentir juste au même instant sur toute l'étendue d'un district ébranlé. Le fléau chemine, à partir d'un centre, en se propageant (à la rapidité près, qui est considérable) à la manière d'une tache d'huile. On conçoit que, par des mesures précises, il devienne possible de tracer sur une carte la marche qu'il a suivie. Tous les points simultanément atteints par la première secousse sont alors distribués sur une même courbe, dite *isosismique*, et la comparaison des courbes successives est de nature à fournir une indication nette sur l'origine de l'ébranlement ; car, autour de cette origine, les

courbes isosismiques doivent dessiner des auréoles plus ou moins concentriques.

En appliquant au Japon ce procédé très simple, M. Milne reconnut que la plupart des ébranlements devaient avoir leur origine en pleine mer, à une distance du rivage ordinairement plus petite que 60 ou 80 kilomètres. Ainsi, non seulement la volcanicité n'intervenait pas dans leur production, mais la cause devait en être demandée aux profondeurs océaniques; et comme, justement, la côte du Japon est bordée, à très faible distance, par des abîmes extraordinaires, où la sonde descend à plus de 8000 mètres, il était clair qu'il devait y avoir un rapport intime entre la mobilité du terrain, attestée par la fréquence des secousses, et l'évidente dislocation que révèlent ces abîmes, si exceptionnels pour l'océan Pacifique, dont la profondeur moyenne ne dépasse certainement pas 4000 mètres.

Des conséquences aussi importantes demandaient à être vérifiées ailleurs qu'au Japon. Aussi, pendant que, dans ce pays, il présidait à la fondation d'une société sismologique, M. Milne se tournait-il vers l'Association britannique pour l'avancement des sciences, qui depuis longtemps excelle à former des comités et à recueillir des ressources en vue de l'étude en commun des questions d'intérêt général. En 1880, l'Association lui accorda une subvention et décida la formation d'un Comité pour l'étude des tremblements de terre au Japon. Depuis lors, chaque année, un rapport rédigé par M. Milne a été publié dans les comptes rendus annuels de l'Association, jusques et y compris l'année 1895, époque où le Comité en question s'est fondu avec un autre, institué depuis peu pour l'étude des *frémissements terrestres* (*earth tremors*). A partir de ce moment, c'est sous la rubrique *Seismological investigations* qu'ont paru, toujours sous la signature de M. Milne, les rapports annuels du Comité dont faisaient partie des hommes tels que Lord Kelvin, M. M. Darwin, M. Davison, M. Symons; et c'est la substance de ces rapports, si nourris de faits, que M. Milne a résumée dans l'article du *Geographical Journal* auquel nous avons déjà fait allusion.

Mais, pour apprécier à sa juste valeur le fruit des efforts dont l'Association britannique avait assuré la coordination, il convient de revenir un peu en arrière et de montrer comment l'ambition des sismologues a pu grandir peu à peu, jusqu'à se proposer l'enregistrement, en un lieu donné, de tous les tremblements de terre de quelque importance.

Tout d'abord, afin de ne pas encourir le reproche de manquer de

justice envers ceux qui avaient préparé la voie, nous rappellerons que l'Italie a été la première à organiser un réseau régulier d'observations sismiques. Longtemps Michel de Rossi s'est adonné à cette tâche, et l'effort a pris une forme définitive en 1887, le jour où le Gouvernement italien s'est résolu à créer, sous la direction de M. Tacchini, l'*Office central de météorologie et de géodynamique*. Cet office comprenait quinze observatoires de premier ordre, avec instruments enregistreurs, et cent cinquante stations où l'on s'était simplement assuré le concours de correspondants attentifs aux moindres manifestations de cette nature. Six cent cinquante autres correspondants, distribués dans toute l'Italie, avaient accepté l'obligation d'avertir télégraphiquement le bureau central de Rome de toute secousse perçue par eux, afin que, de son côté, le bureau pût immédiatement mettre en jeu l'activité de la station la plus voisine. Depuis 1895, tous les rapports sont publiés par le *Bulletin de la Société sismologique italienne* et les connaisseurs se plaisent à proclamer l'excellente organisation de ce service.

Toutefois, comme nous l'avons déjà dit, c'est surtout au point de vue du volcanisme que la section sismique est envisagée en Italie. Nous n'en voulons pour preuve que la multiplicité des stations sismiques en Sicile, où il n'en existe pas moins de trente-sept, dont dix sur le territoire immédiatement voisin de l'Etna. On n'en saurait faire un grief aux savants italiens. Il leur importe, en effet, d'être avertis au plus vite de toute recrudescence qui viendrait à se produire dans l'activité des volcans qui les entourent, et la catastrophe de Casamicciola, évidemment due à une tentative de réveil de l'Epomeo, justifie l'importance qu'ils attachent aux ébranlements d'origine volcanique.

Toutefois le grand progrès de la sismologie moderne résulte de ce qu'une direction tout à fait nouvelle a été imprimée aux recherches de cet ordre, et ce n'est pas de l'Italie que ce mouvement est sorti. La seule chose qu'on puisse dire, c'est que, d'une façon indirecte et par la bonne organisation de ses observatoires, ce pays a contribué à le faire naître; car c'est en étudiant les sismogrammes enregistrés par les stations italiennes, le jour du grand tremblement de terre de l'Assam en 1897, que M. Oldham a été conduit à une des plus importantes conclusions de son étude sur la propagation des ondes sismiques.

Pour provoquer la nouvelle orientation de la sismologie, il a fallu que le hasard vint en aide à la sagacité de certains observateurs, occupés à des ordres de recherches qui n'avaient absolument rien de commun avec la géodynamique et dans des pays où l'activité volcanique ne se fait jamais sentir.

A plusieurs reprises, des astronomes avaient eu l'occasion de constater que leurs observations étaient parfois troublées, d'une façon inopinée, par une vibration qui affectait les appareils et se prolongeait pendant une durée appréciable. Ces perturbations étaient d'autant plus singulières qu'aucune cause prochaine ne pouvait être invoquée pour les expliquer. Il ne s'était pas produit d'explosions ni d'éboulements dans la contrée environnante ; de lourdes charges n'avaient pas circulé à proximité de l'observatoire, et l'atmosphère était restée parfaitement calme. On eut alors l'idée de rechercher si ces troubles n'auraient pas coïncidé avec des ébranlements sismiques survenus à grande distance. La vérification fut très satisfaisante et dès lors on soupçonna qu'il y avait entre ces phénomènes une relation de cause à effet. Aussi, en 1883, dans un écrit faisant partie de l'*International scientific series*, M. Milne ne craignait-il pas d'émettre la proposition suivante : « Avec des appareils appropriés, il devrait être possible, sur n'importe quel point du globe, de noter tout tremblement de terre tant soit peu ample. » De fait, l'année suivante, le 25 mars 1884, il lui arrivait d'enregistrer au Japon, avec son sismographe, un ébranlement assez lointain pour que personne dans le pays ne l'eût ressenti (1).

Néanmoins, pour réaliser l'objectif ainsi entrevu, il fallait les « appareils appropriés ». C'est encore le hasard qui se chargea de les faire connaître. En 1889, un savant allemand, M. von Rebeur Paschwitz, poursuivait, sur les variations de la pesanteur à la surface de la Terre, des expériences où il employait un *pendule horizontal*, c'est-à-dire une tige équilibrée et suspendue de manière à pouvoir osciller librement dans un plan parallèle à l'horizon. Il s'aperçut qu'il y avait des moments où ce pendule se mettait à osciller sans cause apparente. En consultant les rapports de M. Milne sur les phénomènes sismiques au Japon, M. von Rebeur reconnut que les troubles enregistrés par lui en Allemagne coïncidaient justement avec des perturbations analogues mises en évidence par les appareils japonais. Aussi, en 1895 (2), se trouva-t-il suffisamment autorisé pour affirmer qu'un pendule horizontal offrait un moyen de constater des vibrations infiniment petites du sol, résultant d'un ébranlement survenu même à une distance énorme du lieu de l'observation.

Depuis lors, on s'est attaché à perfectionner les appareils enregistreurs, de manière à ne laisser échapper aucun mouvement, quel qu'en soit la direction ou le caractère. On a été ainsi conduit à

(1) *Transactions of the Seismological Society*, vol. X, p. 6.

(2) *Beiträge zur Geophysik*, t. II (1895).

employer concurremment des pendules verticaux et des pendules horizontaux, chaque catégorie étant préférable pour une nature déterminée de vibrations. Dans le cas d'un pendule vertical lourd, la masse du pendule, grâce à son inertie, n'est pas entraînée par le petit mouvement qui survient. Mais ce mouvement affecte le support auquel l'appareil est suspendu. Si donc, entre le pendule et le bâti du support, on a ménagé un contact suffisamment sensible, ce mécanisme de contact se mettra à osciller; s'il s'agit d'un pendule horizontal léger, c'est le pendule lui-même qui, butant par un pivot d'agate contre une pointe métallique très fine, fixée à son support, entrera en oscillation quand la pointe, secouée avec le sol qui porte la suspension, éprouvera un léger déplacement.

De toutes manières, les mouvements qui surviennent peuvent être enregistrés automatiquement avec une précision extrême. Il suffit de s'arranger pour que, à l'aide d'une combinaison de miroirs, ces mouvements déplacent l'image d'une source lumineuse, envoyée par ces miroirs sur une bande de papier photographique, qui se déroule grâce à un mouvement d'horlogerie. Alors, sur cette bande, au lieu du trait continu et régulier qui correspond à l'absence de toute agitation, on observe des zigzags plus ou moins compliqués, selon l'importance et la nature des secousses. Enfin, comme la façon dont le pendule est monté lui interdit d'osciller suivant une certaine direction, de sorte que les secousses affectant cette direction ne seraient pas enregistrées, on a soin, dans les observatoires bien outillés, de juxtaposer deux et même trois pendules identiques, dont les orientations ont été conjuguées de façon à ne rien laisser échapper.

Les noms de MM. von Rebeur Paschwitz, Ehlert, Milne, Gray, Grablowitz, Vicentini, Agamennone, Darwin, etc., sont attachés à ces divers perfectionnements. Les rapports de l'Association britannique, ainsi que les *Beiträge zur Geophysik*, contiennent des notes pleines d'intérêt sur les précautions que réclame l'installation des appareils, ainsi que sur les dimensions qu'il faut leur donner pour que la période d'oscillation qui leur est propre diffère autant qu'il convient de celle des vibrations du sol à l'enregistrement desquelles ils sont destinés. Nous renverrons à ces publications ceux qui seraient curieux d'en connaître davantage, recommandant aussi, dans le même but, un travail de M. Albin Belar, directeur de la station sismologique de Laibach, en Carniole (1).

(1) *Ueber Erdbebenbeobachtung und die Erdbebenwarte in Laibach*. Laibach, 1898.

Pour nous, qui n'entendons pas ici traiter *ex professo* de la matière, ce qu'il nous importe surtout, c'est de faire apprécier l'importance des résultats si rapidement obtenus grâce à la coordination des méthodes, et c'est pourquoi nous voulons encore insister sur l'intervention de l'Association britannique.

C'est dans la réunion d'Ipswich, en 1895, qu'avait été décidée la fusion du Comité sismologique du Japon avec celui des *Earth tremors*.

Dès ce moment, M. Milne adressait à tous les sismologues une circulaire pour les inviter à centraliser les efforts sous les auspices de l'Association. Trois mois après, sur le continent, M. von Rebeur Paschwitz prenait une initiative analogue, mais en vue d'une solution plus large, à savoir la création d'un réseau *international* d'observatoires sismiques, et il rédigeait un appel dans ce but. Mais la mort étant venue le surprendre, la tâche a été reprise par M. le Prof Gerland, de Strasbourg, qui depuis lors n'a cessé de faire dans ce but une active propagandè (1).

Seulement, tandis que des sismologues du continent cherchaient à s'organiser, surtout en Allemagne et en Autriche, où les tremblements de terre de la Carinthie et de la Carniole avaient fortement ému l'opinion, l'Association britannique se décidait à poursuivre, avec ses seules forces, l'œuvre dont elle avait assumé la direction. Entretemps, d'ailleurs, des observations décisives avaient été faites, qui étaient de nature à inspirer pleine confiance dans le succès. Nous voulons parler des expériences poursuivies, en 1893 et 1894, à l'observatoire de Nicolaïew en Russie, avec le pendule horizontal de von Rebeur. Non seulement l'instrument avait affirmé son aptitude à enregistrer même les ébranlements les plus lointains, mais en l'espace de trois mois, douze perturbations absolument concordantes avaient affecté simultanément l'appareil de Nicolaïew et celui de Strasbourg.

Aussi lorsque, en 1896, au Congrès de l'Association britannique réuni à Liverpool, M. Milne donna lecture du premier rapport au nom du Comité des « Investigations sismologiques », était-il pleinement autorisé à dire :

« A présent qu'il est démontré que tout ébranlement important peut

(1) Soumises au Congrès géographique de Berlin, en 1899, les propositions de M. Gerland ont déterminé la formation d'une Commission internationale de sismologie, qui s'est réunie pour la première fois à Strasbourg. Les délibérations de cette Commission sont, en ce moment même, renvoyées à l'examen de l'Association internationale des Académies.

être perçu dans toute l'étendue du globe, le Comité estime qu'il y aurait lieu de s'entendre pour l'enregistrement et l'étude de ces mouvements. L'intérêt des phénomènes sismiques ne semble pas devoir être inférieur à celui du magnétisme terrestre. Et puisqu'il existe des observatoires magnétiques dans les diverses parties du globe, ainsi l'opinion du Comité est qu'il devrait exister aussi un réseau d'observatoires sismologiques...

» En vue de cette organisation, le Comité propose d'installer d'abord, côte à côte, quatre bons types d'instruments, afin de procéder à l'étude et à la comparaison de leurs résultats... Nous sollicitons l'appui de l'Association à l'effet d'obtenir du Gouvernement l'installation en Grande-Bretagne, en Inde et aux colonies, d'un nombre limité d'instruments, de sensibilité identique, avec un bureau central qui serait chargé de la coordination et de la publication des observations. Les frais nécessaires pour chaque station, y compris ceux de l'enregistrement photographique, ne devraient pas dépasser 2,500 francs. »

Le rapporteur poursuivait en indiquant à quelles distances mutuelles il conviendrait que les stations fussent placées et quels endroits de la terre devraient être choisis de préférence pour l'installation des premiers observatoires. En particulier, il recommandait l'établissement de stations aux antipodes des régions le plus habituellement secouées, telles que le Japon et le littoral américain entre le Pérou et le Chili.

Pendant que les adhésions des spécialistes parvenaient à l'Association, celle-ci poursuivait l'étude des appareils les plus propres à répondre au but poursuivi, et, dans une circulaire datée de 1897, elle invitait les sismologues à lui faire savoir s'il leur convenait de recourir à elle pour la fourniture de sismographes identiques, d'un modèle bien éprouvé.

Ces efforts ont été couronnés de succès, et aujourd'hui le réseau de l'Association britannique comprend trente-six stations, échelonnées depuis Édimbourg jusqu'au cap de Bonne-Espérance, comme depuis Tokio et la Nouvelle-Zélande, d'un côté, jusqu'aux îles Sandwich, de l'autre. Les appareils employés, tous de même type, ont été comparés à l'avance, et par des instructions soignées on a veillé à ce que les mêmes précautions fussent partout prises pour l'installation. Inutile d'ajouter que tous ces observatoires sont en relation les uns avec les autres, que les rapports annuels de l'Association signalent les particularités dignes d'attention et qu'on y fait figurer les fragments les plus caractéristiques des *sismogrammes*, c'est-à-dire des dessins tracés par les appareils enregistreurs, dessins où un œil exercé n'a pas de peine à distinguer toutes les circonstances d'un mouvement sismique.

Si bien conçue que fût cette organisation, il aurait pu arriver qu'elle ne produisît pas d'emblée des fruits décisifs. Il n'en a rien été, et le rapprochement des observations, ainsi rendues comparables, a mis en lumière, dès les premières années, des résultats de la plus haute importance. Ce sont ces résultats que M. Milne s'est appliqué à faire connaître dans son article du *Geographical Journal*. Du reste, trois ans auparavant, quelques-uns d'entre eux, et non des moins significatifs, avaient été énoncés de la façon la plus nette par M. Oldham, directeur du Service géologique de l'Inde, dans la savante étude qu'à la suite de la catastrophe de 1897, il a consacrée au problème de la propagation des ébranlements sismiques à grande distance. Enfin, de leur côté, pour n'être pas tous d'accord avec les savants anglais sur la cause première du phénomène, les sismographes allemands, en particulier M. Belar, ne mettent pas en doute le fait capital révélé par les observations des cinq ou six dernières années, et qui peut être énoncé comme il suit :

Toutes les fois qu'il se produit un tremblement de terre de quelque importance, les observatoires voisins des antipodes du point ébranlé en sont avertis, environ vingt ou vingt-deux minutes après le commencement du phénomène, par de très petites oscillations, qu'on désigne sous le nom de *frissons préliminaires* (*preliminary tremors*).

Au bout d'un second intervalle de vingt minutes commence une seconde phase, caractérisée par des vibrations plus étendues. Enfin la phase principale, qui d'ordinaire commence une quarantaine de minutes après la première, se manifeste par des oscillations de grande amplitude, affectant surtout les pendules horizontaux.

En discutant les circonstances caractéristiques de ces trois phases, on est conduit à envisager les deux premières comme l'effet d'un mouvement qui s'est propagé *par l'intérieur du globe*, avec une vitesse vertigineuse de 9 à 10 kilomètres par seconde pour la première phase, d'environ 5 kilomètres pour la deuxième ; résultat d'ailleurs tout à fait conforme à ce qu'avait établi un savant mécanicien français, M. Wertheim (1), dans une étude sur la propagation du mouvement dans les corps solides. Car son analyse lui avait montré que cette propagation donnait lieu à deux sortes d'ondes élastiques, dont la seconde cheminaît deux fois moins vite que la première (2).

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XXXI, p. 697; *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXI, p. 49.

(2) La distinction des deux premières phases et leur assimilation aux deux espèces d'ondes vibratoires qui se propagent dans les corps élastiques, paraissent avoir été

De plus, cette vitesse de 9 à 10 kilomètres par seconde, qui fait que le diamètre terrestre est franchi en vingt-deux minutes, implique, pour l'intérieur de notre planète, une rigidité au moins double de celle de l'acier; conséquence extrêmement curieuse, qui prouve à quel point la pression doit intervenir pour contrebalancer les effets de la haute température qui règne dans le noyau terrestre.

Quant à la troisième phase, elle correspond, selon toute vraisemblance, à des vibrations superficielles, espèces de vagues terrestres qui, à partir du point ébranlé, se propagent à *travers l'écorce*, avec une vitesse de 2 $\frac{1}{2}$ kilomètres à 3 kilomètres par seconde. C'est à ces vibrations que serait due, avec la mise en mouvement des pendules horizontaux, cette agitation de l'eau des lacs qu'on a parfois remarquée au moment d'un tremblement de terre lointain; par exemple celle qui s'est produite en 1755 à la surface des lacs de l'Angleterre, de la Suède et de l'Amérique du Nord, au moment où avait lieu la catastrophe de Lisbonne.

Ces données une fois admises, la discussion des résultats numériques fait voir que, pour un ébranlement très lointain, l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'apparition des frissons préliminaires et le début de la troisième phase vibratoire fournit une mesure approchée de la distance à laquelle se trouve la station sismique relativement au point où s'est produit le tremblement de terre qui l'affecte. Par conséquent, si cet intervalle a pu être mesuré en deux ou trois stations distinctes, on pourra en conclure et marquer sur une carte la position de l'origine de l'ébranlement.

L'application de ce principe a permis à M. Milne de dresser, pour l'ensemble des années 1899, 1900 et 1901, une *carte sismique* du globe, qu'il a jointe à son article du *Geographical Journal*. Or, il se trouve que, loin d'être distribués au hasard sur toute la terre, les points de départ ou foyers des principaux ébranlements se groupent en séries, dessinant des surfaces privilégiées sous le rapport de la *sismicité*. Ces aires sismiques (1) occupent toutes une situation caractéristique : elles sont situées dans l'océan, non loin des rivages que dominent de hautes

formulées pour la première fois en 1899, par M. Oldham. L'idée lui en avait été suggérée par l'examen des sismogrammes enregistrés dans les observatoires italiens, le jour du tremblement de terre de l'Inde, en 1897.

(1) On entend habituellement sous ce nom les surfaces fréquemment secouées par des tremblements de terre. Ici l'expression désigne des régions où se concentrent de préférence les *foyers* ou origines des ébranlements.

chaînes de montagnes et au-dessus d'abîmes sous-marins où la sonde accuse des profondeurs exceptionnelles.

Et voilà comment un judicieux emploi d'une simple statistique graphique, appuyée sur de bonnes observations, permet de formuler une grande loi naturelle, à savoir que : *les tremblements de terre importants ont tous leur origine dans les parties de l'écorce terrestre où la pente moyenne des accidents du relief est considérable*. Pour rendre cette relation plus précise, en l'exprimant par un chiffre, il suffira de dire avec M. Milne qu'une pente moyenne de *trois pour cent*, depuis le rivage jusqu'à environ 200 kilomètres en mer, forme la limite au-dessus de laquelle toute région sous-marine devient abondante en foyers sismiques.

Hâtons-nous de reconnaître que ce résultat, si bien exprimé par la carte de M. Milne, avait été très nettement proclamé, dès 1895, par un observateur français, M. de Montessus de Ballore (1). Une statistique très consciencieuse de tous les tremblements de terre survenus depuis les temps historiques l'avait amené à reconnaître, entre la fréquence des ébranlements et l'allure de l'écorce, une relation qu'il exprimait par cette formule tout à fait saisissante : *La sismicité est partout proportionnelle à la raideur du relief*. La part de la France est assez petite, dans le progrès de la sismologie, pour que nous soyons d'autant plus empressés à faire ressortir la sagacité déployée à cette occasion par un de nos compatriotes.

Remarquons-le maintenant, la loi expérimentale qui vient d'être établie suffit à trancher la question, si longtemps débattue, de l'origine des tremblements de terre. En vain les sismologues italiens voudront rester fidèles à leurs vieilles traditions et persisteront à admettre l'étroite liaison de la sismicité avec le volcanisme; en vain d'autres spécialistes, à la suite de M. Gerland, chercheront à faire prévaloir l'idée de grands phénomènes explosifs, survenant dans les profondeurs du noyau, ou rattacheront les petits ébranlements à des phénomènes atmosphériques. La lumineuse coïncidence des aires sismiques avec les principales dislocations terrestres donne gain de cause à ceux qui, à l'exemple de MM. Suess, Heim et Robert Mallet, n'avaient pas attendu les décisives constatations de ces dernières années pour entrevoir dans les tremblements de terre l'effet des mouvements d'une écorce qui se déforme sans cesse.

C'est donc, en réalité, un des aspects du phénomène orogénique, et

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. CXX, p. 1183.

si l'on persistait encore à en douter ou, tout au moins, à en demander des preuves positives, il suffirait de rappeler, avec M. Milne, tant d'observations péremptoires, recueillies aussi bien dans les profondeurs maritimes (1) que sur la terre ferme. Nous voulons parler de ces failles de 50 à 100 kilomètres de long qui se sont ouvertes au Japon, lors des catastrophes de 1891 et de 1897, laissant voir, entre leurs lèvres, un déplacement relatif de plusieurs mètres; ou bien de ces ruptures de câbles sous-marins, si fréquentes après certains ébranlements sismiques, et à la suite desquelles la sonde a enregistré des approfondissements subits de plusieurs centaines de mètres; ou encore de ces mesures géodésiques, qui ont fait ressortir, dans la situation des points trigonométriques, en des pays récemment secoués, des altérations de beaucoup supérieures aux erreurs d'observation.

La conclusion qui se dégage du progrès des études de sismologie, tel qu'il vient de nous apparaître à la lumière des documents les plus récents, est que, loin de constituer un phénomène exceptionnel, la mobilité est, au contraire, *l'état normal de l'écorce terrestre*. Les statistiques de M. Milne évaluent à *trente mille par an* le nombre des secousses qui peuvent être ressenties sur le globe entier. Dans ce nombre, *trois cents*, c'est-à-dire *un pour cent*, sont d'assez grande importance pour être enregistrées par tous les appareils, et s'il y a des secousses à peine perceptibles, il y en a d'autres, comme celle de 1897, en Inde, qui ébranlent jusqu'à trois millions de kilomètres carrés, en causant, sur près de deux millions d'hectares, la ruine de toutes les habitations en pierre, sans parler de celles qui, prenant leur origine en pleine mer, engendrent des ras de marée sous l'effort desquels périssent trente mille victimes.

De là trois catégories aujourd'hui reconnues de mouvements : les *macrosismes*, aux effets si souvent destructeurs; les *microsismes*, perceptibles seulement aux instruments très délicats; enfin les *bradysismes*, caractérisés par leur extrême lenteur, et ne se révélant qu'à la longue, par le changement qu'ils apportent dans les contours réciproques de la terre ferme et de l'océan.

L'immense majorité de ces mouvements relève d'une cause unique : le *tassement* et la déformation d'une écorce partout crevassée, dont l'équilibre est mal assuré. De temps à autre, un des compartiments de cette écorce glisse contre un autre, le long d'une ligne de dislocation, dont les lèvres frémissent sous cette poussée, donnant naissance à ces

(1) J. MILNE. *Suboceanic changes*, in *Geographical Journal*, 1897.

bruits singuliers, si souvent comparés à celui que ferait une voiture lourdement chargée, passant sur une route pavée ou, mieux encore, une batterie d'artillerie défilant au galop sur un pont métallique. Et c'est ainsi que, côte à côte, on voit se déployer deux modes d'activité qui, pour dériver du même principe initial, n'en gardent pas moins une complète indépendance dans leurs manifestations : la *volcanicité*, intimement liée à l'existence des grandes dislocations, qui permettent l'arrivée au dehors des matières ignées du noyau ; et la *sismicité*, par où se trahit l'instabilité d'une croûte en voie de continuelle déformation ; la première, qui doit ses paroxysmes à un phénomène essentiellement physico-chimique, à savoir la tendance rythmée au départ des gaz et des vapeurs contenus dans la masse ignée ; la seconde, qui entre en jeu quand les compartiments mal assujettis retombent sous l'action de la pesanteur, ou cèdent aux gigantesques pressions latérales, dont les dislocations montagneuses nous attestent la réalité.

A. DE LAPPARENT.



RAPPORT

présenté à l'Académie des Sciences de Paris, à la séance du 3 juillet 1903

par M. A. de LAPPARENT

Rapporteur

DE LA COMMISSION DE SISMOLOGIE, CRÉÉE AU SEIN DE L'ACADÉMIE (1)

à la demande du Gouvernement français

AU SUJET D'UN

Projet d'organisation d'un Service sismologique en France (2).

La question des études sismologiques demande à être envisagée sous deux aspects, selon qu'il s'agit ou non de pays exposés à subir de sérieux dommages par l'effet des secousses.

Dans le premier cas, la considération qui doit tout dominer est celle des mesures à prendre pour atténuer autant que possible les conséquences du fléau. Ces mesures ne pouvant guère consister que dans l'adoption de règles spéciales pour la construction des demeures, il importe, pour les déterminer, de connaître avec précision les moindres circonstances de la propagation des secousses dans les districts habituellement éprouvés. On n'y peut parvenir que par l'établissement d'un réseau très serré de stations, en faisant appel au concours d'un grand nombre d'observateurs, et en munissant les principaux postes d'appareils adaptés à l'analyse des ébranlements d'origine prochaine. L'exacte détermination de l'heure des premières secousses devient alors une nécessité de premier ordre. Par ces moyens seulement on arrive à

(1) Cette Commission est composée du Président de l'Académie, du Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques, et de MM. Bouquet de la Grye, Fouqué, Mascart, Janssen, Michel Levy, Marcel Bertrand; de Lapparent, rapporteur.

(2) Malgré la répétition, dans le texte de ce Rapport, de certains exposés déjà fournis par le même auteur dans le document dont la reproduction précède, il a paru indispensable de donner au complet le texte du Rapport académique qui, il faut l'espérer, sera suivi, dans les sphères gouvernementales, d'une sérieuse et efficace prise en considération, et de la nomination de la *Commission exécutive* réclamée par le savant Rapporteur, au nom de la Commission.

tracer des courbes *isosistes*, dont la forme indique le point de départ et la direction des secousses, en faisant connaître du même coup les endroits les plus menacés.

Le second cas est celui des pays où les secousses désastreuses sont d'une extrême rareté. La France est du nombre, si bien que, en dehors du voisinage immédiat de la côte ligurienne, il ne semble pas y avoir un seul point de notre territoire où la préoccupation des tremblements de terre puisse être appelée à influencer sur le mode de construction des habitations.

Dans ces conditions, il ne peut être question que d'une étude scientifique du phénomène, étude destinée à faciliter la solution des problèmes généraux que soulève la sismologie, relativement à la constitution interne du globe et à l'équilibre de son écorce. Ce n'est pas que de telles recherches soient dépourvues de sanction pratique; car il est évident qu'une meilleure connaissance des ébranlements terrestres ne peut manquer d'être avantageuse pour ceux qui sont exposés à en souffrir. Mais la part qui revient, dans le travail d'ensemble, aux régions ordinairement épargnées réclame une autre façon de procéder.

Le choix du mode opératoire pourrait être chose délicate, si déjà, depuis plusieurs années, les observations, poursuivies d'abord au Japon, puis étendues au globe entier, spécialement sous les auspices de l'*Association britannique pour l'avancement de la Science*, n'avaient fixé, à cet égard, des principes dont il est tout à fait raisonnable de s'inspirer.

Il paraît aujourd'hui démontré que, le nombre total annuel des secousses perceptibles devant dépasser 30 000 pour tout le globe, il doit y avoir environ 300 de ces ébranlements dont l'importance est assez grande pour pouvoir affecter, sur tout l'ensemble de la surface terrestre, des appareils d'une sensibilité appropriée. On peut alors, avec un mécanisme d'enregistrement automatique, obtenir des dessins, dits *sismogrammes*, sur lesquels se lisent toutes les circonstances du phénomène.

Or la discussion d'un grand nombre d'observations concordantes semble avoir établi que, pour tout ébranlement lointain, c'est-à-dire tel que la distance de son origine au lieu d'observation se compte par milliers de kilomètres, la propagation du mouvement comporte au moins deux séries d'ondes vibratoires. La première cheminerait, par l'intérieur de la terre, avec une vitesse moyenne variable selon la distance; tandis que la dernière, la plus sensible, se propagerait par l'écorce solide avec une vitesse constante.

La différence observée, à une même station, entre les heures d'arrivée des deux séries suffirait ainsi à faire présumer la distance du foyer initial, dont l'emplacement pourrait alors être déterminé par la combinaison des observations recueillies en plusieurs stations. En particulier, les lieux situés aux antipodes d'un district sérieusement secoué paraissent indiqués pour l'établissement d'un observatoire, que les premiers frémissements atteindraient en vingt-deux minutes environ, tandis que la principale vibration s'y manifesterait au bout d'une heure.

Il est superflu de faire ressortir l'importance de ces constatations, qui fournissent un moyen inattendu de pénétrer les secrets de la composition intérieure du globe. Et cette importance apparaît plus grande encore, lorsque, reportant sur une carte, comme a fait M. Milne, les centres sismiques ainsi déterminés durant les trois années antérieures à 1902, on constate avec quelle régularité ces centres se groupent le long des principales dislocations de l'écorce terrestre.

En ce qui concerne la France, on peut remarquer que notre pays est aux antipodes de l'une des fosses profondes du Pacifique, dont il est probable que les abords sont sujets à des déplacements. De la sorte, des observatoires français pourraient être en mesure de révéler des ébranlements qui, sans cela, risqueraient de passer inaperçus, faute de stations humaines à proximité des points où ils viendraient à se produire.

Mais quand bien même cette raison particulière ferait défaut, il n'est pas douteux, une fois reconnue l'utilité de l'enregistrement des ébranlements lointains, que la France n'ait une place à prendre dans le réseau, encore un peu lâche, des observatoires en fonction. Et, puisque l'activité de ce réseau date de plusieurs années, nous n'avons rien de mieux à faire que de nous inspirer des exemples qui s'offrent à nous. La convenance de les prendre pour guides est d'autant plus évidente qu'il s'agit de recherches dont l'intérêt principal résidera dans le rapprochement qu'on pourra faire des résultats avec ceux des stations existantes. Il est donc nécessaire que les méthodes et les instruments employés soient tout à fait comparables.

Si l'on se place dans cet ordre d'idées, il apparaîtra de suite que notre territoire, encadré entre les stations de l'île de Wight, d'Uccle près Bruxelles, de Strasbourg, de Berne, de Turin et celles de l'Espagne, ne doit pas exiger un grand nombre d'observatoires sismologiques. Même on peut penser que deux ou trois suffiraient, si la complication

de structure du sol français ne rendait souhaitable une étude plus approfondie de l'influence exercée, sur la propagation des ondes, par la nature des roches de l'écorce. En effet, il importe de considérer qu'une onde lointaine, après avoir cheminé dans le milieu, sensiblement homogène, du noyau terrestre, doit, pour en sortir, se réfracter à travers une écorce dont la composition et l'architecture varient suivant les points. De la sorte, il pourra être intéressant de comparer les effets obtenus, sur un sol fondamental de granite ou de schistes cristallins, avec ceux que donnerait une épaisse succession d'assises sédimentaires. De la même façon, la cause des districts spécialement disloqués devrait être séparée de celle des régions d'allure tranquille.

D'autre part, il convient que les stations choisies soient en relation immédiate avec un observatoire astronomique, à la fois pour assurer le contrôle de l'heure et pour pouvoir mettre à profit l'expérience d'un personnel habitué aux observations de précision.

Cherchant à tenir compte de ces divers points de vue, la Commission a pensé que les localités les plus propres à l'établissement de stations sismiques pourraient être les suivantes :

L'Observatoire de Nice, voisin du seul centre d'ébranlement qui se soit sérieusement manifesté en France, et déjà muni de locaux où la nouvelle installation trouverait aisément place. Celui du Pic-du-Midi, où pourraient se révéler des mouvements pyrénéens, ou du moins l'influence d'une région disloquée. L'Observatoire du Puy-de-Dôme, situé au cœur du pays. Celui de Meudon, bien placé pour faire ressortir l'influence d'un massif sédimentaire puissant et régulier, en même temps que la nature de ses fondations lui assure une immunité particulière, relativement aux ébranlements locaux qui pourraient se produire dans le voisinage. Une station à Grenoble semble indiquée, à cause de sa situation sur le bord des Alpes et du précédent déjà créé par le service provisoire qu'avait installé M. Kilian. Il conviendrait d'avoir une installation sismique à Rennes, au cœur de cette Bretagne qui ressent parfois de légères secousses. Un observatoire pourrait aussi être placé au Morvan, près du réservoir des Settons, assis sur un sol de schistes cristallins, et pouvant bénéficier de la surveillance du service des ponts et chaussées. Pour une raison analogue, il serait souhaitable qu'une station fût établie à l'Aigoual. Enfin, si l'on voulait prévoir l'extension du service au domaine colonial, Alger, la Nouvelle-Calédonie et Madagascar devraient être mentionnés en première ligne, les Antilles étant déjà pourvues, grâce à l'observatoire fondé à la Martinique par M. Lacroix.

Bien entendu, les diverses stations devraient être d'inégale importance. Prenant pour guide ce qui s'est fait en d'autres pays, notamment en Russie, où le réseau sismographique paraît très bien étudié, on limiterait à deux ou trois (par exemple en choisissant Nice et Meudon) le nombre des stations de premier ordre, la différence avec les autres devant surtout consister dans le choix des appareils enregistreurs.

En ce qui concerne ce choix, la Commission ne saurait avoir la prétention d'imposer aucun type, ni même de fermer la porte aux inventions ultérieures que pourraient présenter les habiles constructeurs d'instruments scientifiques dont notre pays s'honore. Cependant, puisqu'il s'agit d'une organisation trop longtemps ajournée, et pour laquelle une prompt solution s'impose, il paraîtra sans doute raisonnable de s'en tenir, pour le moment, à l'expérience acquise dans les observatoires en fonction. Or, cette expérience ne permet guère d'hésiter, pour les stations de premier ordre, qu'entre le *pendule horizontal triple* de Rebeur-Ehlert et les microsismographes italiens.

Le premier de ces instruments, qui jouit sur le continent d'une préférence chaque jour plus marquée, comporte un enregistrement photographique, qui entraîne une dépense annuelle d'environ 800 francs, rien que pour le papier, avec un déroulement de 12 centimètres à l'heure. Avec les sismographes italiens, l'enregistrement se fait grâce aux dessins qu'une pointe métallique trace sur du papier noirci. Mais, si la dépense annuelle est sensiblement moindre, l'amplification des mouvements, obtenue par des moyens mécaniques très délicats, d'où les frottements ne peuvent être exclus, est notablement moins sûre qu'avec le pendule triple, qui fait intervenir une combinaison de rayons lumineux et de miroirs. De plus, les pendules italiens, verticaux et à très longue tige, exigent pour leur suspension de hauts piliers, tandis que le pendule triple se pose simplement sur un bloc de béton, dans une cave de peu de hauteur.

Pour ces motifs, le pendule Rebeur-Ehlert, tel qu'il se fabrique couramment à Strasbourg, chez M. Bosch, et tel qu'il fonctionne en Russie, en Allemagne, en Belgique, etc., semble devoir être préféré pour les observatoires de premier ordre. Son prix est d'environ 2 500 francs. Les frais annuels du papier photographique, de la surveillance, enfin de l'éclairage (pour lequel la lampe électrique à fil linéaire offre une réelle supériorité) pourraient se tenir entre 1 200 et 1 400 francs.

La dépense d'installation, partout où l'on disposerait déjà d'une cave de 5 mètres de longueur, se réduirait à la construction d'un bloc de

béton de 1 mètre cube. Du reste, en Russie, où six observatoires de premier ordre sont munis de cet appareil, on estime que les frais d'établissement d'une telle station au complet ne dépassent pas 4 000 roubles, soit 12 000 à 15 000 francs, dont la plus grande partie est réclamée par la construction du bâtiment, construction qui, la plupart du temps, serait évitée en France.

L'appareil qui paraît convenir aux stations du second ordre est une paire de pendules horizontaux, orientés à 90°. On peut hésiter entre le pendule léger de Milne et le pendule lourd de Strasbourg. Ce dernier, dont soixante-quatre exemplaires fonctionnent déjà dans les stations européennes, ne comporte pas d'enregistrement photographique. C'est celui dont M. Lacroix a fait choix pour la Martinique. Le prix de l'appareil double, construit à Strasbourg chez M. Bosch, n'atteint pas 1 400 francs. La dépense annuelle se réduit à la surveillance et à une minime consommation de papier noirci. Comme contrôle, on peut ajouter qu'en Russie, on estime à 1 600 roubles, soit moins de 6,000 francs, la dépense totale d'établissement d'une station de second ordre, *bâtiment compris*.

Enfin, pour des stations telles que Nice, le Pic-du-Midi, Grenoble et Rennes par exemple, où des secousses locales sont à prévoir, il serait utile de posséder un *sismographe avertisseur*, tel que celui du P. Secchi, ou l'un des appareils imaginés par M. Agamennone. La construction en est courante en Italie, où le prix de ces instruments varie de 100 à 400 francs.

En résumé, l'organisation d'un service sismologique en France n'entraînerait, au total, qu'une faible dépense. Voulût-on réaliser immédiatement le programme indiqué dans ce rapport, qu'il en résulterait une dépense de premier établissement probablement inférieure à 20 000 francs, et le crédit annuel à prévoir ne dépasserait sans doute pas 6 000 à 7 000 francs. De plus, il n'est pas interdit de penser que les frais incombant à l'État pourraient être atténués par de généreuses interventions, comme celles qui ont doté notre pays d'observatoires bien connus, ou par des subventions que fourniraient des groupements scientifiques, tels que l'Association française pour l'avancement des sciences. D'ailleurs, une fois le réseau constitué, il est vraisemblable que, dans les régions de notre territoire les plus intéressées à la question, des initiatives locales surgiraient, qui s'appliqueraient à resserrer les mailles du réseau et à perfectionner son outillage.

Seulement, pour le succès de l'organisation souhaitée, il est une condition indispensable à remplir : c'est qu'on assure l'unité des obser-

vations en confiant à un organisme unique le soin de concentrer les sismogrammes, d'en dégager les conséquences générales, d'établir l'accord avec les autres pays, enfin de faire arriver aux observateurs toutes les indications qui pourraient leur être utiles. Il ne semble pas qu'une telle concentration puisse être mieux opérée qu'entre les mains du Bureau central météorologique de France.

L'Académie croirait sortir de son rôle si elle poussait plus loin l'étude des détails que peut comporter la réalisation du projet. Pour tenir l'engagement qu'elle avait pris, il lui appartenait d'établir les bases de l'organisation, de donner un aperçu des méthodes à suivre et d'évaluer approximativement le chiffre des dépenses. Ce devoir rempli, elle reconnaît que le soin de formuler des conclusions précises doit être laissé à une commission, qu'instituerait le Département de l'Instruction publique, en y faisant entrer, après accord avec le Ministère des Travaux publics, ceux que leur compétence ou leurs études préalables peuvent désigner pour cette tâche.

L'Académie se bornera donc, pour conclure, à recommander à M. le Ministre la prise en considération du projet dont elle a indiqué les bases, et la nomination d'une Commission exécutive qui s'inspirerait des vues exposées dans le présent rapport.

(Extrait des publications de l'Institut de France.)



SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

COMPOSITION DU BUREAU ⁽¹⁾, DU CONSEIL ET DES COMITÉS

EXERCICE 1903

Président : **X. Stainier.**

Vice-Présidents :

V. Jacques, M. Mourlon, A. Rutot, F. de Schryvere.

Secrétaire général : **E. Van den Broeck.**

Trésorier :

Th. Gilbert.

Secrétaire :

T. Cooreman.

Bibliothécaire :

L. Devaivre.

Délégués du Conseil :

E. Cuvelier, Ad. Kemna, C. Van de Wiele, J. Willems.

Membres du Conseil :

**J. Cornet, J. Kersten, C. Malaise, A. Renard,
H. Rabozée, O. van Erthorn.**

COMITÉS SPÉCIAUX.

COMITÉ DE VÉRIFICATION DES COMPTES :

L. Bauwens, G. Cumont, G. Paquet.

COMITÉ DES PUBLICATIONS :

E. Cuvelier, V. Jacques, G. Jottrand.

COMITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION :

Président : **J. Willems.**

Membres :

Gillet, H. Rabozée, Cl. Van Bogaert, P. Van Yzendyck.

COMITÉ PERMANENT D'ÉTUDES DU GRISOU :

(Voir les listes spéciales, détaillées à la fin du volume.)

(1) Le *Bureau* est constitué par le Président, les quatre Vice-Présidents, le Secrétaire général, le Trésorier et les quatre délégués du Conseil.

LISTE GÉNÉRALE

Arrêtée au 1^{er} Janvier 1903

DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

FONDÉE A BRUXELLES, LE 17 FÉVRIER 1887 (1)

Membre Protecteur.

M. EM. DE MOT, Bourgmestre de la Ville de Bruxelles.

Membres Honoraires.

- 1 * BARROIS, Ch., Professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 37, rue Pascal, à Lille, et rue Chomel, 9, à Paris (VII).
- 2 BERTRAND, C.-Eg., Professeur de botanique à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 6, rue d'Alger, à Amiens.
- 3 BERTRAND, Marcel, Membre de l'Institut de France, Ingénieur en chef des mines, Professeur de géologie à l'École supérieure des Mines, 75, rue de Vaugirard, à Paris (VI).
- 4 BONNEY, Rév. Thomas George, Professeur de géologie et de minéralogie à University College, 23, Denning Road, Hampstead. London N. W.
- 5 BRÖGGER, W. C., Professeur à l'Université de Christiania.
- 6 * CAPELLINI, Giovanni (le Commandeur), Professeur de géologie à l'Université, via Zamboni, à Bologne (Italie).
- 7 CHOFFAT, Paul, Attaché au Service géologique du Portugal, 113, rue do Arco a Jesus, à Lisbonne (Portugal).
- 8 CREDNER, Dr Hermann, Directeur du Service royal géologique de Saxe, Professeur à l'Université de Leipzig.

(1) Les noms des **fondateurs** se trouvent, dans la liste ci-dessous, précédés d'un astérisque *. Les noms des *membres à vie* sont précédés de deux astérisques **.

- 9 * DOLLFUS, Gustave, ancien président de la *Société géologique de France*, Collaborateur principal au service de la Carte géologique de France, 45, rue de Chabrol, à Paris (X).
- 10 FOUQUÉ, F., Membre de l'Institut de France, Professeur au Collège de France, 23, rue Humboldt, à Paris (XIV).
- 11 GAUDRY, Albert, Membre de l'Institut de France, Professeur honoraire de paléontologie au Muséum, 7bis, rue des Saint-Pères, à Paris (VI).
- 12 * GEIKIE, Archibald, F. R. S.; ancien Directeur général des services géologiques de Grande-Bretagne et d'Irlande; 10, Chester Terrace, Regent's Park, London N.W.
- 13 * GEIKIE, James, LL. D.; F. R. S., Professeur de géologie et de minéralogie à l'Université d'Édimbourg, Kilnorie, 83, Colinton Road, Edinburgh.
- 14 * GOSSELET, Jules, Correspondant de l'Institut de France, Professeur honoraire de géologie à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 48, rue d'Antin, à Lille.
- 15 HEIM, Alb., Professeur à l'Université de Zurich, à Hottingen (Zurich).
- 16 HUGHES, Thomas, Mac Kenny, Professeur de géologie à l'Université de Cambridge, Woodwardian Museum, Trinity College, Cambridge (Angleterre).
- 17 ISSEL, Arthur, Professeur à l'Université, 3, Via Giapollo, à Gênes.
- 18 * JONES, T. Rupert, F. R. S., 17, Parson's Green, Fulham, Londres S. W.
- 19 JUDD, J. W., Professeur de géologie au Collège royal des sciences, South Kensington, London S. W.
- 20 KARPINSKY, Alex. Petrow., Membre de l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg, Directeur du Comité géologique de Russie, Professeur à l'École des mines, à Saint-Petersbourg.
- 21 KOENEN (A. von), Dr, Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université de Göttingen (Allemagne).
- 22 LAPPARENT (Albert DE), Membre de l'Institut de France, ancien Président de la *Société géologique de France*, Professeur de géologie et de minéralogie à l'École libre des hautes études, 3, rue de Tilsitt, à Paris (VIII).
- 23 * LOEWINSON-LESSING, F., Professeur de minéralogie et de géologie à l'Institut polytechnique de Saint-Petersbourg, Sosnovka, à Saint-Petersbourg.
- 24 LORIÉ, J., Docteur ès-sciences, Privatdocent à l'Université, 24, Janskerkhof, à Utrecht (Pays-Bas).
- 25 MICHEL LÉVY, A., Membre de l'Institut de France, Directeur du service de la Carte géologique de France, 26, rue Spontini, à Paris (XVI).
- 26 MOJSISOVICS VON MOJSVAR, Dr Edmund, K. K. Hofrath, Wirkl. mitglied der K. Akad. der Wiss., 26, Strohgasse, à Vienne.
- 27 NIKITIN, Serge, Géologue en chef du Comité géologique de Russie, Institut des mines, à Saint-Petersbourg.
- 28 * POTIER, Alfred, Ingénieur en chef des mines, Professeur à l'École des mines, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris (V).
- 29 * RENEVIER, Eugène, Professeur de géologie à l'Université de Lausanne, Haute-Combe, près Lausanne (Suisse).

- 30 RICHTHOFEN (Baron von), Professeur de géographie à l'Université de Berlin, 117, Kurfürstenstrasse, à Berlin.
- 31 * RISLER, Eugène, Directeur honoraire de l'Institut national agronomique de France, 106bis, rue de Rennes, à Paris (VI).
- 32 * ROSEBUSCH, Dr H., Professeur de géologie à l'Université d'Heidelberg.
- 33 * ROUVILLE (A.-P. DE), Doyen et Professeur honoraire de géologie de la Faculté des sciences de l'Université de Montpellier, 10, rue Henri-Garnier, à Montpellier (Hérault).
- 34 SACCO, Federico, Professeur de paléontologie à l'Université, Castello del Valentino, à Turin.
- 35 SUESS, Édouard, Professeur à l'Université de Vienne.
- 36 TRAQUAIR, R. H., M. D., LL. D., F. R., S., Conservateur des collections d'histoire naturelle au Musée des Sciences et des Arts, à Édimbourg (Écosse).
- 37 WHITAKER, Will. F. R. S., Président de la *Geologist's Association*. Freda, Campden Road, à Croydon.
- 38 WOODWARD, A. Smith, Conservateur au Département géologique du British Museum of Natural History, 4, Scarsdale Villas, Kensington W., à Londres.
- 39 ZIRKEL, Prof. Dr F., Professeur de géologie à l'Université de Leipzig, 15, Thalstrasse, à Leipzig.
- 40 * ZITTEL (Karl von), Docteur en philosophie, Professeur à l'Université de Munich, Directeur du Musée royal de paléontologie, à Munich.

Membres Associés Étrangers.

- 1 ARCTOWSKI, H., Géologue, 103, rue Royale, à Bruxelles.
- 2 BOULE, Marcellin, Président de la Société géologique de France, Professeur de paléontologie au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, 3, place Valhubert, à Paris (V).
- 3 * DUNIKOWSKI (Émile, Chevalier DE), Dr Phil., Privatdocent à l'Université de Lemberg (Galicie).
- 4 * FORESTI, Ludovico, Docteur en médecine, Aide-naturaliste de géologie et de paléontologie au Musée de l'Université de Bologne (Italie).
- 5 GOLLIEZ, A., Professeur de géologie à l'Université de Lausanne.
- 6 HARMER, Dr, Oakland House, Cringleford, près Norwich (Angleterre).
- 7 * KARRER, Félix, Kön. Ung. Rath. Attaché au Musée I. R. minéralogique de la Cour, Döblinger-Hauptstrasse, 80, XIX, à Vienne (Autriche).
- 8 LAMBERT, Jules, Paléontologiste, Président du Tribunal civil, 57, rue Saint-Martin, à Troyes (Aube), France.
- 9 LANG, Dr ph. Otto, Im Moore, 9A, Hannover (Allemagne).
- 10 LOTTI, Bernardino, Docteur, Ingénieur au Corps des Mines, à Rome.
- 11 MARTEL, E.-A., Secrétaire général de la *Société de Spéléologie*, 8, rue Ménars, à Paris (II).
- 12 MAYER-EYMAR, Charles, Dr ès-sciences, Professeur de paléontologie à l'Université de Zurich (Suisse).

- 13 MEUNIER, Stanislas, Professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle, 7, boulevard Saint-Germain, à Paris (V).
- 14 MUNIER-CHALMAS, Professeur de géologie à la Sorbonne (Faculté des sciences (Université de Paris), 75, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris (VI).
- 15 PICARD, Karl, Membre de diverses Sociétés savantes, Nordhauserstrasse, 2, à Sondershausen (Allemagne).
- 16 POHLIG, Dr Hans, Professeur à l'Université de Bonn (Prusse).
- 17 RECLUS, Élisée, Géographe, 26, rue Vilain XIII, à Bruxelles.
- 18 STURTZ, B., Dr du Comptoir minéralogique et paléontologique de Bonn, 2, Riesstrasse, à Bonn.
- 19 TACCHINI, P., ancien Directeur de l'Observatoire du Collège Romain, à Spilamberto, près Modène.
- 20 TEALL, J. J. H., Président de la *Société géologique de Londres*, Directeur général des Services géologiques de Grande-Bretagne et d'Irlande, 28, Jermyn Street, à Londres.
- 21 TIETZE, Em., Vice-Directeur du *K.-K. Geologische Reichsanstalt*, à Vienne.
- 22 TOUTKOWSKI, Paul, Conservateur du Cabinet minéralogique et géologique de l'Université de Kiew, 46, boulevard de Bibikow, à Kiew (Russie).
- 23 WEINSCHENK, Ernest, Professeur de pétrographie à l'Université de Munich.

Membres effectifs.

1^o Membres à perpétuité.

- 1 Administration communale de la VILLE D'ANVERS. (*Délégué* : M. Royers.)
- 2 Administration communale de la VILLE DE BRUXELLES.
- 3 Administration communale de la VILLE DE VERVIERS. (*Délégué* : M. Sinet.)
- 4 Maison SOLVAY & C^{ie}, Industriels, à Bruxelles.
- 5 Administration communale de la VILLE DE BINCHE.
- 6 Administration communale de la VILLE DE GAND.
- 7 Société anonyme des TRAVAUX D'EAU, à Anvers. (*Délégué* : M. Ad. Kemna.)
- 8 Administration communale de la VILLE D'OSTENDE. (*Délégué* : M. Verraert.)
- 9 Société des CHARBONNAGES DE MONCEAU-FONTAINE, à Monceau-sur-Sambre. (*Délégué* : M. Vital Moreau.)
- 10 Société anonyme des CHARBONNAGES DE BASCOUP. (*Délégué* : M. Lucien Guinotte.)
- 11 Société anonyme des CHARBONNAGES DE HORNU ET WASMES. (*Délégué* : M. Gédéon Deladrière.)
- 12 Société anonyme des CHARBONNAGES DE MARIEMONT. (*Délégué* : M. Raoul Warocqué.)
- 13 Société anonyme du CHARBONNAGE DU BOIS D'AVROY, à Sclessin-Ougrée (Liège). (*Délégué* : M. Bogaert, Hilaire, 201, quai de Fragnée, Liège.)
- 14 Compagnie des CHARBONNAGES BELGES, à Frameries. (*Délégué* : M. Isaac Isaac.)
- 15 Société anonyme des CHARBONNAGES UNIS DE L'OUEST DE MONS, à Boussu. (*Délégué* : M. Arthur Dupire.)

2^o Membres effectifs.

- 16 ABRAMOFF, F.-J., Ingénieur des Mines, à Makeevka, par station de Kartzisk (Russie).
- 17 ALIMANESTIANO, Constantin, Ingénieur, Directeur de l'Industrie et du Commerce au Ministère des domaines, Strada Domnei, 27, à Bucarest.
- 18 ANDERNACK, Jules, 39, rue Mazy, à Jambes (Namur).
- 19 ANDROUSSOFF, Professeur de géologie à l'Université de Jourieff (Dorpat).
- 20 ANNOOT, J.-B., Professeur honoraire à l'Athénée royal de Bruxelles, 78, rue Gallait, à Schaerbeek lez-Bruxelles.
- 21 AXER, A.-H., Entrepreneur de puits artésiens, 479, chaussée de Jette, à Jette-Saint-Pierre lez-Bruxelles.
- 22 BAUCHAU, Carl, Ingénieur civil des mines, rue Saint-Joseph, à Anvers.
- 23 BAUTHIER, L., Géomètre-architecte, à Genappe.
- 24 BAUWENS, Léonard, Receveur des contributions, 33, rue de la Vanne, à Bruxelles.
- 25 BAYET, Adrien, Propriétaire, 33, Nouveau Marché-aux-Grains, à Bruxelles.
- 26 BAYET (de Bon Ernest), Paléontologiste, 58, rue Joseph II, à Bruxelles.
- 27 BAYET, Louis, Ingénieur, à Walcourt (province de Namur).
- 28 BERGERON, Jules, ancien Président de la *Société géologique de France*, Professeur de géologie à l'École centrale des Arts et Manufactures, 157, boulevard Haussmann, à Paris (VIII).
- 29 BERNAYS, Ed., Avocat, 33, avenue Van Eyck, à Anvers.
- 30 BERNUS, Louis, Propriétaire, 116, boulevard Audent, à Charleroi.
- 31 BERTRAND, Jean, Géographe, Chef de laboratoire de l'Institut d'hygiène de Bruxelles, 8, avenue des Sept-Bonniers, à Uccle lez-Bruxelles.
- 32 BESMES, Victor, Inspecteur voyer, 32-34, rue Jourdan, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 33 BEYERINCK, Dr F., ancien Ingénieur des mines du Gouvernement aux Indes néerlandaises, 167 I^e v/d Bochstraat, à La Haye.
- 34 BLANCHART, Raoul, 41, rue du Buisson, à Lille-Saint-Maurice (France).
- 35 BOCKSTAEL, Émile, Bourgmestre de la commune de Laeken, conseiller provincial, 274, avenue de la Reine, à Laeken.
- 36 BOHY, Benoit, Régent de l'École moyenne, à Wavre.
- 37 BOTTI, Ulderigo, à Reggio-Calabria (Italie).
- 38 BOULANGÉ (l'Abbé), Hydrologue, Château de Cruyshautem (Flandre orientale).
- 39 BOUHY, Victor, Docteur en droit, 58, rue d'Archis, à Liège.
- 40 BOURDON, Maxime, 95, rue de Prony, à Paris.
- 41 BOURGOIGNIE, Léonce, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, 29, Marché-aux-Avoines, à Hasselt.
- 42 BRADFER, Robert, Garde-général-adjoint des Eaux et Forêts, à Florenville.

- 43 ** BRANNER, John Casper, Ph. D. Ll. D., Professor of Geology and Vice-Président, Stanford University, California, U. S. A.
- 44 BRICHAUX, A., Chimiste à la Société Solvay, 12, avenue Hamoir, à Uccle.
- 45 BRIQUET, Abel, licencié ès lettres, 49, rue Jean de Bologne, à Douai.
- 46 BROUHON, L., Ingénieur des eaux de la ville de Liège, Hôtel de Ville, Liège.
- 47 BURROWS, Henry William, Architecte, 17, Victoria Street, Westminster, London S. W.
- 48 BUTTGENBACH, H., Ingénieur à Glain (Liège).
- 49 CAMERMAN, Émile, Ingénieur-chimiste, 31, square Guttenberg, à Bruxelles.
- 50 CAMPION, Maurice, Ingénieur des arts et manufactures, Directeur de l'usine centrale II de la Compagnie générale de traction électrique sur les voies navigables, à Roux.
- 51 * CAREZ, Léon, Docteur ès sciences, ancien Président de la *Société géologique de France*, 18, rue Hamelin, à Paris (XVI).
- 52 CARTON, Léonard, Ingénieur-constructeur, 41, rue du Chambge, à Tournai.
- 53 CASSE, Alphonse, Ingénieur civil, 157, rue de Livourne, à Bruxelles.
- 54 * CAUDERLIER, Gustave, Industriel, 221, chaussée de Vleurgat, à Bruxelles.
- 55 CAVALLIER, Directeur des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).
- 56 CAYEUX, L., Docteur en sciences, Professeur à l'*Institut national agronomique*, 6, place Denfert, à Paris.
- 57 CHABAL, Henry, Ingénieur, 33, rue de Longchamps, à Paris.
- 58 CHEVAL, V., Docteur, 27, rue du Trône, Ixelles lez-Bruxelles.
- 59 COBBAERT, G., 82, rue Longue, à Ostende.
- 60 COBBAERT, Louis, Industriel, à Ninove.
- 61 COGELS, P., Géologue, au Château de Boeckenberg, à Deurne (Anvers).
- 62 COMBAZ, Paul, Professeur à l'Académie des Beaux-Arts, 10, rue de la Banque, à Bruxelles.
- 63 COMPAGNIE INTERCOMMUNALE DES EAUX, 48, rue du Trône, à Bruxelles. (Délégué : M. M. Van Meenen.)
- 64 COOREMAN, T., Ingénieur, 48, avenue du Midi, à Bruxelles.
- 65 CORDEWEENER, Jules, Ingénieur, Banque nationale, à Ath.
- 66 CORNET, J., Dr ès sciences, Professeur de géologie à l'École des Mines de Mons, 86, boulevard Dolez, à Mons.
- 67 COSSOUX, Léon, Ingénieur civil, ex-Ingénieur du Gouvernement russe au Caucase, 34, rue de Bériot, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.
- 68 COSYN, Ch., Chef de Section aux chemins de fer, 6, rue Van der Borgh, à Koeckelberg lez-Bruxelles.
- 69 * CUMONT, Georges, Avocat près la Cour d'appel, 19, rue de l'Aqueduc, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 70 CUVELIER, Eugène, Capitaine commandant du Génie, Professeur à l'École militaire, 43, rue Keyenveld, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 71 CUYLITS, Jean, Docteur en médecine, 44, boulevard de Waterloo, à Bruxelles.

- 72 DAIMERIES, A., Professeur à l'Université libre, 4, rue Royale, à Bruxelles.
 - 73 DAPSENS, Directeur-Propriétaire de carrières, à Ivoir lez-Dinant.
 - 74 * DAUTZENBERG, Phil., Paléontologiste, Président de la *Société royale zoologique et malacologique de Belgique*, 213, rue de l'Université, à Paris (VII).
 - 75 DAVAL, J., ancien Greffier du Tribunal de commerce, à Saint Dizier, Haute-Marne (France).
 - 76 DE BAUVE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à Beauvais (Oise), France.
 - 77 DE BROUWERE, Michel, Ingénieur-assistant au Service géologique de Belgique, 2, rue Latérale, à Bruxelles.
 - 78 DE BUSSCHERE, A., Conseiller à la Cour d'appel, 82, rue Mercelis, à Ixelles.
 - 79 DE CORT, Hugo, Secrétaire général de la *Société royale zoologique et malacologique de Belgique*, rue d'Holbach, à Lille (France).
 - 80 DE GRAEF, Joseph, Négociant, 21, rue Oudenkoven, à Borgerhout lez-Anvers.
 - 81 DEJARDIN, L., Directeur des Mines, 186, rue du Trône, à Ixelles lez-Bruxelles.
 - 82 DELHEID, Ed., Paléontologiste, 63, rue Veydt, à Ixelles lez-Bruxelles.
 - 83 * DELECOURT-WINCQZ, Jules, Ingénieur-Conseil de la Compagnie Internationale de recherches de mines et d'entreprises de sondage, 16, rue de la Pépinière, à Bruxelles.
 - 84 DENIL, Gustave, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 103, boulevard de l'Hôpital, à Mons.
 - 85 DE RAECK, Léon, Ingénieur civil des Mines, 245, avenue d'Auderghem, à Bruxelles.
 - 86 DEROOVER, G., Capitaine commandant du Génie, à Niel lez-Boom.
 - 87 DE SCHRYVER, Ferdinand, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 29, rue du Prince Royal, à Ixelles lez-Bruxelles.
 - 88 DETHY, Théophile, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 48, rue du Pepin, à Namur.
 - 89 DEULIN, Nestor, Ingénieur, à Marcinelle.
 - 90 DE VISSCHER, J., Ingénieur agricole, 31, rue de la Sablonnière, à Bruxelles.
 - 91 DEVREUX, E., Architecte, Échevin des Travaux publics, 25, rue du Pont-Neuf, à Charleroi.
 - 92 DIDION, J., Constructeur d'appareils de sondages, 32, rue de Joncker, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
 - 93 DOAT, Ingénieur, Directeur de la Compagnie générale des conduites d'eau, aux Vennes, à Liège.
 - 94 DOLLO, Louis, Ingénieur civil, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, 31, rue Vautier, à Bruxelles.
 - 95 DONNEUX, Lieutenant-colonel du Génie en retraite, 22, rue de Fragnée, à Liège.
 - 96 DORLODOT (Chanoine Henry DE), Professeur à l'Université catholique, 44, rue de Bériot, à Louvain.
 - 97 * DOTREMONT, Victor, Sondeur, à Hougaerde, près Tirlemont.
- DOUVILLÉ, Henri, Ingénieur en chef des Mines, Professeur de Paléontologie à l'École des Mines, 207, boulevard Saint-Germain, à Paris (VII).

- 99 DUBOIS, Eugène, Professeur de Géologie et de Paléontologie à l'Université d'Amsterdam, Conservateur au Musée Teyler de Haarlem, 45, Zylweg, à Haarlem.
- 100 DUFRANE-DEMANET, Al., Directeur général de la Compagnie austro-belge de pétrole, 678, chaussée de Waterloo, à Bruxelles.
- 101 DUMONT, André, Professeur d'exploitation des mines, à l'Université de Louvain.
- 102 ** DUPONT, Édouard, Directeur du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 31, rue Vautier, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 103 * DURAFFOUR, Ferdinand, Entrepreneur de sondages, à Tournai.
- 104 DURIEUX, Charles, Ingénieur agricole, 204, rue Royale Sainte-Marie, à Bruxelles.
- 105 DUTERTRE, Émile, Docteur en médecine, 12, rue de la Coupe, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), France.
- 106 ENGERRAND, 5, rue Adolphe, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 107 ERENS, Alphonse, Docteur en sciences naturelles, Villa Strabbeek, à Houthem, près Fauquemont (Limbourg hollandais).
- 108 * FALK, Henry, Libraire-éditeur, 15-17, rue du Parchemin, à Bruxelles.
- 109 * FÉLIX, J., Docteur en médecine, 413, avenue Louise, à Bruxelles.
- 110 * FENDIUS, Émile, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à Liège.
- 111 FICHEFET, E., Entrepreneur, Membre de la Chambre des Représentants, 2, avenue de Tervueren, à Bruxelles.
- 112 FIEVEZ, Ch., Trésorier de la *Société belge d'astronomie*, 43, Trois Tilleuls, à Boitsfort (Brabant).
- 113 FISCH, A., 70, rue de la Madeleine, à Bruxelles.
- 114 FLAMACHE, A., Ingénieur, 16, square Guttentberg, à Bruxelles.
- 115 FLÉBUS, Alexandre, Étudiant, 69, boulevard Léopold, à Anvers.
- 116 FOURNIER, dom Grégoire, Professeur à l'Abbaye de Maredsous, à Maredret-Sosoye (Namur).
- 117 * FRANÇOIS, Christophe, Ingénieur, 122, avenue de la Couronne, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 118 * FRIEDRICH, H., 4, rue de Naples, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 119 * FRIREN, Auguste, Professeur au Petit-Séminaire, à Montigny lez-Metz (Alsace-Lorraine).
- 120 FRITSCH, Dr Ant., Professeur à l'Université de Prague, 66, Wenzelplatz, à Prague.
- 121 GERARD, L., Ingénieur-électricien, ancien Professeur à l'Université, à Oisquercq (Brabant).
- 122 GHILAIN, Philibert, Ingénieur en chef, Directeur de service aux Chemins de fer de l'État, 70, rue Vander Schrick, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 123 ** GIBBS, William, B., Membre de diverses Sociétés savantes, Thornton, Beulah Hill, Upper Norwood, à Londres.
- 124 GILBERT, Théod., A.-F., Docteur en médecine, 26, avenue Louise, à Bruxelles.

- 125 GILLET, Ingénieur de la Résidence royale, 215, avenue de la Reine, à Laeken.
- 126 GILSON, G., Professeur à l'Université catholique, 95, rue de Namur, à Louvain.
- 127 GOBERT, Auguste, Ingénieur, 222, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.
- 128 GOBLET d'ALVIELLA (comte Eugène), Propriétaire, au château de Court-Saint-Étienne, et 10, rue Faider, à Bruxelles.
- 129 GODY, Professeur à l'École militaire, 85, rue du Viaduc, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 130 GOLDSCHMIDT, Paul, Ingénieur, 17, rue des Deux-Églises, à Bruxelles.
- 131 GOLDSCHMIDT, Robert, Docteur en sciences, 495, avenue Louise, à Bruxelles.
- 132 ** GOTTSCHKE, Karl, Docteur en philosophie, Conservateur au Musée d'histoire naturelle, à Hambourg.
- 133 GREINDL (Ben), Capitaine d'État-Major, Professeur à l'École de guerre, 19, rue Tasson-Snel, à Bruxelles.
- 134 ** GREINER, Ad., Directeur général de la Société Cockerill, à Seraing.
- 135 GROSSOUVRE (A., DE), Ingénieur en chef des Mines, à Bourges (France).
- 136 * HABETS, Alfred, Ingénieur, Professeur à l'Université de Liège, 3, rue Paul Devaux, à Liège.
- 137 HABETS, P., Directeur-gérant de charbonnage, 17, Avenue Blondin, à Liège.
- 138 HAINAUT, Edgard, Ingénieur des ponts et chaussées, 45, chaussée de Lille, à Tournai.
- 139 HALET, Franz, Ingénieur agricole, 5, rue Simonis, à Saint-Gilles-Bruxelles.
- 140 HANNON, Ed., Ingénieur, rue de la Concorde, 43, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 141 HANKAR-URBAN, Albert, Ingénieur, 15, rue Montoyer, à Bruxelles.
- 142 HANREZ, Prosper, Ingénieur, 190, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.
- 143 HANS, J., Ingénieur civil, 119, rue du Commerce, à Bruxelles.
- 144 HARDENPONT, L., ancien Sénateur, rue du Mont-de-Piété, à Mons.
- 145 HARZÉ, Ém., Directeur général honoraire des Mines, 213, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 146 HASSE, Georges, Étudiant, 58, rue Ozy, à Anvers.
- 147 HAVERLAND, Eug., à Vieux-Virton (Luxembourg).
- 148 HEMRICOURT DE GRUNNE (Eugène de), château d'Ophem, par Wesembeek (Brabant).
- 149 HENRICOT, Émile, Industriel, Sénateur, à Court-Saint-Étienne.
- 150 HERMAN, Directeur de l'Institut bactériologique provincial, 13, rue des Sars, à Mons.
- 151 HERMANS, Jean-Baptiste, Ingénieur en chef, Chef de service aux Voies et Travaux, Avenue des Voyageurs, 36, à Arlon.
- 152 HEUSEUX, L., Ingénieur, Directeur-gérant des charbonnages de Courcelles-Nord, à Courcelles.
- 153 HEYMANS, Léon, Géomètre-Juré, Conducteur de travaux, à Rebecq-Rognon.

- 154 HOLZAPFEL, Dr Édouard, Professeur à l'École technique supérieure, 3, Stephanstrasse, à Aix-la-Chapelle.
- 155 HOUBA, L., Secrétaire communal de la Résidence de Laeken, 159, rue Thielemans, à Laeken.
- 156 ** HOUZEAU DE LEHAIE, Auguste, Sénateur, Président de la *Société royale belge de Géographie*, Château de l'Ermitage, à Mons.
- 157 * IDIERS, Fernand, Industriel, à Auderghem.
- 158 IMBEAUX, Directeur du Service municipal, 9bis, rue du Montet, à Nancy.
- 159 ITHIER, Gaston, Sous-lieutenant du Génie, à Anvers
- 160 JACOBS, Fernand, Président de la *Société belge d'Astronomie*, rue des Chevaliers, 21, à Bruxelles.
- 161 * JACQUES, Victor, Docteur en médecine, Secrétaire général de la *Société d'Anthropologie de Bruxelles*, 36, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.
- 162 JANET, Charles, Ingénieur des Arts et Manufactures, Dr ès Sciences, ancien Président de la *Société zoologique de France*, à Beauvais (France).
- 163 JANET, Léon, Ingénieur en chef au Corps des Mines, 87, boulevard Saint-Michel, à Paris (V).
- 164 JANSON, Paul, Avocat, Membre de la Chambre des Représentants, 73, rue De Facqz, Bruxelles.
- 165 JÉROME, Alex., Professeur à l'Athénée, Secrétaire général de la *Société géologique de Luxembourg*, 69, rue Saint-Jean, à Arlon.
- 166 JOHNSTON-LAVIS, H.-J., Professeur agrégé de l'Université royale de Naples, à Beaulieu (Alpes-Maritimes, France).
- 167 JOTTRAND, Gustave, Avocat, ancien Représentant, 39, rue de la Régence, à Bruxelles.
- 168 KAISIN, Félix, Docteur en sciences naturelles, chargé de cours à l'Université de Louvain.
- 169 KEMNA, Ad., Directeur de la Société anonyme des Travaux d'eau, 6, rue Montebello, à Anvers.
- 170 KERCKHOVE (DE), Oswald, ancien Représentant, 5, rue Digue-de-Brabant, à Gand.
- 171 KERSTEN, Joseph, Ingénieur, Inspecteur général des charbonnages patronnés par la *Société générale pour favoriser l'industrie nationale*, 32, rue Neufchatel, Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 172 KESTENS, Capitaine d'artillerie adjoint d'État-Major, 216, chaussée de Wavre, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 173 * KOCH, Dr Phil., Géologue du Service royal géologique de Prusse, 44, Invalidenstrasse, à Berlin N.
- 174 * KOKEN, Ernest, Dr Phil., Professeur de géologie à l'Université de Tübingen.
- 175 KOTSOWSKY, N., Ingénieur-Professeur à l'Institut des Mines, Saint-Pétersbourg.
- 176 KRANTZ, Fritz, Dr Phil., Propriétaire du Comptoir minéralogique rhénan, 36, Herwarthstrasse, à Bonn-s/Rhin.
- 177 KRUSEMAN, Henri, Ingénieur, rue Africaine, 24, Bruxelles.

- 178 * KUBORN, Hyacinthe, D. M., membre titulaire de l'Académie royale de médecine, Professeur d'hygiène à l'École normale, Président de la *Société de médecine publique*, 33, rue de Colard, à Seraing.
- 179 LAGRANGE, Eug., Professeur à l'École militaire, 60, rue des Champs-Élysées, Ixelles lez-Bruxelles.
- 180 LAHAYE, Charles, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 23, rue Léon Castilhon, à Arlon.
- 181 LAMBERT, Guillaume, Ingénieur, 41, boulevard Bischoffsheim, à Bruxelles.
- 182 LAMBERT, Paul, Propriétaire, 41, place de la Liberté, à Bruxelles.
- 183 LAMBIOTTE, Directeur-gérant de la Société anonyme des Charbonnages réunis de Roton-Farciennes, etc., à Tamines.
- 184 LAMPE, D., Ingénieur civil, 123, avenue de la Toison d'Or, à Bruxelles.
- 185 LANCASTER, Albert, Membre de l'Académie royale des sciences, Directeur du Service météorologique à l'Observatoire royal, 297, avenue Brugmann, à Uccle.
- 186 LARMOYEUX, Ernest, Ingénieur principal des Mines, 48, boulevard Dolez, à Mons.
- 187 LATINIS, Léon, Ingénieur-expert, à Seneffe.
- 188 LATINIS, Victor, Ingénieur civil, 78, rue Wilson, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.
- 189 LAUR, Francis, Ingénieur civil des Mines, 26, rue Brunel, à Paris (XVII).
- 190 LECHIEU, Adolphe, Ingénieur en chef, Directeur de service aux Chemins de fer de l'État, 32, rue Botanique, à Bruxelles.
- 191 LE CLÉMENT DE SAINT-MARC, Capitaine du Génie, 43, rue de la Petite-Ourse, Anvers.
- 192 ** LE COUPPEY DE LA FOREST, M., Ingénieur-agronome, Secrétaire de la Commission d'études des Eaux de la ville de Paris, 60, rue Pierre-Charron, à Paris (VIII).
- 193 LEFEBVRE, Jules, Sous-lieutenant à l'École d'application, à Bruxelles.
- 194 LEGRAND, Ingénieur en chef, Directeur des travaux des Charbonnages Réunis, 52, rue Roton, à Charleroi.
- 195 LEJEUNE DE SCHIERVEL, Ch., Ingénieur, 23, rue du Luxembourg, à Bruxelles.
- 196 LEMAIRE, Emmanuel, Ingénieur au Corps des Mines, 116, boulevard Charles Saintelette, à Mons.
- 197 ** LE MARCHAND, Augustin, Ingénieur civil, 2, rue Traversière, aux Chartreux, à Petit-Quévilly (Seine-Inférieure), France.
- 198 * LEMONNIER, Alfred, Ingénieur, 60, boulevard d'Anderlecht, à Bruxelles.
- 199 LENTZ, Docteur en médecine, Directeur de l'Asile des aliénés de l'État belge, à Tournai.
- 200 LERICHE, Préparateur à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 159, rue Brûle-Maison, à Lille (France).
- 201 LIMBURG-STIRUM (C^{te} Ad. DE), Membre de la Chambre des Représentants, 23, rue du Commerce, à Bruxelles.
- 202 LIPPMANN, Édouard, Ingénieur civil, Entrepreneur de puits artésiens et sondages, 47, rue de Chabrol, à Paris (X).

- 203 LOË (le Bon Alfred DE), Conservateur aux Musées royaux des arts décoratifs et industriels, Secrétaire général de la *Société d'Archéologie de Bruxelles*, 82, avenue d'Auderghem, à Etterbeek lez-Bruxelles.
- 204 * LONQUÉTY, Maurice, Ingénieur civil des mines, 17, rue Saint-Jean, à Boulogne-sur-Mer.
- 205 LUCAS, Walthère, Chimiste, 54, rue Berckmans, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 206 MABILLE, Valère, Industriel, à Mariemont.
- 207 MAILLIEUX, Eugène, à Couvin.
- 208 MALAISE, Constantin, Membre de l'Académie royale des Sciences, Professeur émérite à l'Institut agricole de l'État, rue Latérale, à Gembloux.
- 209 MARBOUTIN, Félix, Chef-adjoint du Service chimique de l'Observatoire de Montsouris, 78, boulevard Saint-Michel, à Paris (VI).
- 210 MARGERIE (Emmanuel DE), Géologue et Géographe, ancien Président de la *Société géologique de France*, 132, rue de Grenelle, à Paris (VII).
- 211 MASSAU, Junius, Ingénieur principal des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Université, 22, rue Marnix, à Gand.
- 212 MASSON, Ch., Directeur du Laboratoire d'analyses de l'État belge, à Gembloux.
- 213 MATHIEU, Émile, Lieutenant du Génie, Répétiteur à l'École militaire, 91, chaussée Saint-Pierre, à Bruxelles.
- 214 MÉLOTTE, J., Ingénieur des Ponts et Chaussées, 67, rue Conscience, à Anvers.
- 215 MESENS, Ed., Sénateur, 79, rue des Rentiers, à Etterbeek lez-Bruxelles.
- 216 MESSENS, Ingénieur des Mines de la Vieille-Montagne, à Baelen-Wezel (Anvers).
- 217 MEUNIER, Em., Négociant en charbon, à Crépy-en-Valois (France).
- 218 MICHELET, Georges, Capitaine du Génie, Répétiteur à l'École militaire, 588, avenue Brugmann, à Uccle.
- 219 MIEG, Mathieu, Rentier, 48, avenue de Modenheim, à Mulhouse (Alsace).
- 220 MILLS, Albert, 30, rue du Pépin, à Bruxelles.
- 221 MOENS, Jean, F.-J., à Lede, près d'Alost.
- 222 MOLENGRAAFF, Dr G.-A.-F., Géologue de l'État de la République Sud-Africaine du Transvaal, 6, Oranjelaan, à Hilversum (Pays-Bas).
- 223 MONNOYER, Léon, Président de la Chambre syndicale des matériaux de construction, 409, avenue Louise, à Bruxelles.
- 224 MONNOYER, Marcel, Entrepreneur de travaux publics, 44, rue Vilain XIII, à Bruxelles.
- 225 MONTAG, Émile, Employé de commerce, 6, Roxburgh Avenue, Aigburth Road, à Liverpool (Angleterre).
- 226 ** MONTEFIORE LEVI, ancien Sénateur, 35, rue de la Science, à Bruxelles.
- 227 MONTHAYE, Capitaine d'état-major, Professeur à l'École de guerre, 44, rue de la Tourelle, à Bruxelles.
- 228 * MOULAN, C.-T., Ingénieur, 266, avenue de la Reine, à Laeken.
- 229 MOURLON, M., Membre de l'Académie royale des sciences, Directeur du *Service géologique de Belgique*, 107, rue Belliard, à Bruxelles.

- 230 * MUNCK (Émile DE), Artiste peintre, membre de diverses Sociétés savantes, Villa de Val-Marie, à Saventhem.
- 231 NAVEZ, L., Homme de lettres, 162, chaussée de Haecht, à Bruxelles.
- 232 NICKLÈS, René, Professeur-adjoint à la Faculté des sciences (Université de Nancy), 27^{bis}, rue des Tiercelins, à Nancy (France).
- 233 NICOLIS, Enrico (Chevalier), Corte Quaranto, à Vérone.
- 234 ** NOETLING, Fritz, Docteur en philosophie, Paléontologiste du Service géologique des Indes anglaises, *Geological Survey Office*, à Calcutta.
- 235 OEBBEKE, C., Professeur au Laboratoire minéralogique et géologique de l'École technique des Hautes-Études, à Munich.
- 236 OEHLERT, D.-P., Correspondant de l'Institut de France, Conservateur du Musée d'histoire naturelle, 29, rue de Bretagne, à Laval (Mayenne), France.
- 237 OPPENHEIM, P., Docteur en philosophie, Kantstrasse, 158¹, Charlottenburg, près Berlin.
- 238 * PASSELECQ, Albert, Ingénieur, Directeur du Charbonnage du Midi de Mons, 54, rue du Hautbois, à Mons.
- 239 PAQUET, Gérard-Th., Capitaine retraité, 74, chaussée de Forest, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 240 PAULIN-BRASSEUR, Industriel, à Couillet (Hainaut).
- 241 PAVLOV, A.-B., Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université de Moscou (Russie).
- 242 PELLAT, Ed., Inspecteur-général honoraire des Services administratifs du Ministère de l'Intérieur, 49, avenue du Maine, à Paris (XV).
- 243 PENY, Éd., Ingénieur, Secrétaire général des Charbonnages de Mariemont et Bascoup, à Morlanwelz.
- 244 * PERGENS, Édouard, Docteur en médecine, 6, rue de Heppeneert, à Maeseyck.
- 245 PIÉRET, Victor, Directeur de carrière, 49, rue des Deux-Églises, à Bruxelles.
- 246 PIERPONT (Édouard DE), au château de Rivière, à Profondeville-s/Meuse.
- 247 * PIERRE, Gustave, Industriel, 31, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.
- 248 * PIRET, Adolphe, Directeur du *Comptoir belge de géologie et de minéralogie*, Palais Saint-Jacques, à Tournai.
- 249 PITTOORS, J., Major du Génie, 80, chaussée de Malines, à Anvers.
- 250 PLUMAT, Polycarpe, Ingénieur, à Hornu (Hainaut).
- 251 POIRY, Célestin, Maître de carrières, 225, avenue Louise, à Bruxelles.
- 252 POLIS, P., Directeur de la Station météorologique centrale, 29, Alphonsestrasse, à Aix-la-Chapelle.
- 253 PORTIS, Alessandro, Professeur de géologie et paléontologie à l'Université de Rome; Musée géologique de l'Université, à Rome.
- 254 POSKIN, Dr Achille, 8, rue Léopold, à Spa.
- 255 POURBAIX-LEDUNE, Hydrologue, rue des Marcottes, 13, à Mons.
- 256 PRINZ, Wilhelm, Assistant à l'Observatoire royal, Professeur de géologie à l'Université libre de Bruxelles, 5, avenue du Haut-Pont, à Bruxelles.
- 257 PROOST, A., Directeur général de l'Agriculture, 16, rue Anoul, à Ixelles lez-Bruxelles (hiver), et à Céroux-Mousty, par Ottignies (été).

- 258 * PUTTEMANS, Charles, Professeur de chimie à l'École industrielle, 9, rue Van Bemmél, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.
- 259 PUTZEYS, E., Ingénieur en chef des travaux de la Ville, 8, avenue de la Renaissance, à Bruxelles.
- 260 PUTZEYS, le Dr F., Professeur d'hygiène à l'Université de Liège, 1, rue Forgeur, à Liège.
- 261 RABOZÉE, H., Capitaine du Génie, Professeur à l'École Militaire, 18, rue du Conseil, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 262 RAEYMAECKERS, Désiré, Médecin militaire au 1^{er} Régiment de ligne, 303, boulevard des Hospices, à Gand.
- 263 RAMOND, G., Assistant de géologie au Muséum d'histoire naturelle (Paris), 18, rue Louis-Philippe, à Neuilly-sur-Seine (Seine), France.
- 264 ** REID, Clément, F.-G.-S., Attaché au Service géologique de la Grande-Bretagne, 26, Jermyn-Street, London S. W.
- 265 * RENARD, Alphonse, LL. D., Membre de l'Académie royale des sciences de Belgique, Professeur à l'Université de Gand, 14, avenue Ernestine, à Bruxelles.
- 266 RICHERT, J. Gust., Ingénieur consultant, Birger Jarlsgatan, 13, à Stockholm.
- 267 ROBERT, Paul, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État belge, 7, rue Saint-Bernard, à Bruxelles.
- 268 ROELOFS, Paul, Industriel, 3, rue des Tanneurs, à Anvers.
- 269 ROERSCH, L., Ingénieur-Directeur de mines et charbonnages de la Nouvelle-Montagne, 108, rue Souveraine, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 270 ROLLAND, Émile, Industriel, 39, rue André-Masquelier, à Mons.
- 271 ROSÉE, (Frédéric DE), Château de Moulins, par Yvoir.
- 272 ** RUTOT, Aimé, Ingénieur honoraire des Mines, Géologue, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 177, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 273 SALMON, Ingénieur de la ville de Bruges, à Bruges.
- 274 SCHACK DE BROCKDORF, Frédéric, -G., Consul général de S. M. le Roi de Danemark, à Anvers.
- 275 SCHMITZ, le R. P. Gaspar, S.-J., Directeur du *Musée géologique des Bassins houillers belges*, à Louvain. (Adresse : Musée Houiller, Louvain).
- 276 SCHMITZ, Th., Ingénieur civil des Mines, 58, rue Saint-Joseph, à Anvers.
- 277 SCHROEDER VAN DER KOLK, J.-L.-G., Docteur en médecine, Professeur de minéralogie et de géologie, Columbusstraat, 112, à La Haye (Hollande).
- 278 ** SELYS LONGCHAMPS (Walter DE), Docteur en droit, Sénateur, à Halloy (Ciney).
- 279 * SEMET-SOLVAY, Louis, Ingénieur, 217, chaussée de Vleurgat, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 280 * SEMPER, J.-Otto, au Musée d'histoire naturelle de Hambourg, 52, S. Benedictstrasse, à Hambourg.
- 281 SENZEILLES (Baron DE), au Château-Fontaine, par Anthée, province de Namur.
- 282 SEULEN, F., Architecte principal à l'Administration des Chemins de fer de l'État belge, 76, rue Belliard, à Bruxelles.

- 283 SEVEREYNS, G., Industriel, 103, rue Gallait, à Bruxelles.
- 284 SIMOENS, G., Docteur ès sciences minérales, 2, rue Latérale, à Bruxelles.
- 285 SLAGHMUYLDER, Charles, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, 67, rue Saint-Bernard, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 286 SMETS, G. (l'Abbé), Inspecteur diocésain, 26, rue Fabry, à Liège.
- 287 ** SOCIÉTÉ ANONYME DE MARCINELLE ET COUILLET (Charbonnage de Marcinelle-Nord), à Marcinelle (Charleroi). Directeur-gérant, M. Nestor EVRARD (délégué).
- 288 ** SOCIÉTÉ ANONYME DES CHARBONNAGES, HAUTS FOURNEAUX ET USINES DE STRÉPY-BRAQUEGNIES, Directeur-gérant, M. Amour SOTTIAUX (délégué), à Strépy-Braquegnies.
- 289 SOLVAY, Ernest, Industriel, rue des Champs-Élysées, 45, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 290 SOMZÉE, Côme (DE), Ingénieur, 22, rue des Palais, à Schaerbeek lez-Bruxelles.
- 291 SPYERS, A., Docteur en médecine, 84, rue Bréderode, à Anvers.
- 292 SQUILBIN, Henri, Ingénieur, 8, avenue des Arts, à Anvers.
- 293 STAINIER, X., Membre de la Commission géologique de Belgique, Professeur à l'Institut agricole, à Gembloux.
- 294 STEFANESCU, Gregoriu, Professeur de géologie à l'Université, Directeur du Bureau géologique, 8, Strada Verde, à Bucarest.
- 295 STEVENSON, J.-J., Professeur à l'Université de New-York, University Heights, à New-York-City.
- 296 TEMPELS, P., Auditeur général de la Cour militaire, en retraite, 2, avenue Louise, à Bruxelles (*hiver*), 2, rue Vossegat, à Uccle (*été*).
- 297 TERLINDEN, ancien Sénateur, 271, rue Royale, à Bruxelles.
- 298 THOMAES, Oscar, Industriel, rue au Vin, à Renaix.
- 299 TIHON, F., Docteur en médecine, à Theux (province de Liège).
- 300 TOURNAI (Administration communale de la Ville de).
- 301 TOUSSAINT, G., Sous-Lieutenant à l'École d'application, à Quenast.
- 302 UHLENBROEK, G.-D., Ingénieur, villa Steyn, à Chénée (Liège).
- 303 URBAN, Ad., Directeur de la Compagnie des Carrières de Quenast, 17, place de l'Industrie, à Bruxelles.
- 304 URSEL (Comte Charles d'), Gouverneur de la Flandre occidentale, à Bruges.
- 305 VAES, Henri, Ingénieur, 130, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 306 VAN BELLINGEN, Constant, Ingénieur, 70, rue Montoyer, à Bruxelles.
- 307 VAN BOGAERT, Clément, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, 88, rue Wilson, à Bruxelles.
- 308 VAN CALCKER, Dr F. J. P., Professeur à l'Université de Groningue (Pays-Bas).
- 309 VAN DAM, Ed., à Profondeville (Namur).
- 310 VAN DE CASTEELE, A., Conducteur des Ponts et Chaussées, à Blankenberghe.
- 311 ** VAN DEN BROECK, Ernest, Géologue, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, Membre du Conseil de Direction de la Carte géologique du Royaume, 39, place de l'Industrie, à Bruxelles.

- 312 VANDENPERRE, Directeur-gérant des Brasseries Artois, à Louvain.
- 313 VAN DEN STEEN DE JEHAY, Comte F., château de Bassinnes, par Havelange.
- 314 VANDERKINDERE, Léon, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, 51, avenue des Fleurs, à Uccle.
- 315 VAN DER POORTEN, L., Photographeur, 49, rue de la Prospérité, à Molenbeek-St-Jean lez-Bruxelles.
- 316 VAN DER SCHUEREN, Pierre, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 9, rue du Jardin, à Ostende.
- 317 VAN DE WEYER, L., Inspecteur de l'Industrie et du Travail, 66, rue de Ribeaucourt, à Bruxelles.
- 318 VAN DE WIELE, Dr C., 27, boulevard Militaire, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 319 VAN DE WOUWER, 11, rue des Cinq-Coins, à Berchem-Anvers.
- 320 VAN ERTBORN (le Baron O.), 36, avenue du Duc, à Boitsfort.
- 321 VAN HOFGAERDEN, Paul, Conseiller provincial, 7, boulevard d'Avroy, à Liège.
- 322 VAN MEURS, Ingénieur en chef des travaux de la Ville de Mons, 2, rue des Tuileries, à Mons.
- 323 VAN MIERLO, J.-C., Ingénieur à la Compagnie internationale des Wagons-Lits et des Grands Express européens, 92, chaussée de Thourout, à Ostende.
- 324 VAN OVERLOOP, Eugène, Conservateur en chef des Musées d'art industriel et décoratif, 79, avenue Michel-Ange, à Bruxelles.
- 325 * VAN SCHERPENZEEL-THIM, Jules, Ingénieur en chef, Directeur général honoraire des mines, 34, rue Nysten, à Liège.
- 326 VAN YSENDYCK, Paul, Ingénieur, 8, avenue du Haut-Pont, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 327 * VÉLAIN, Charles, Professeur de géographie physique à la Faculté des sciences de l'Université de Paris, 9, rue Thénard, à Paris (V).
- 328 VILLAIN, François, Ingénieur des Mines, 57, rue Stanislas, à Nancy (France).
- 329 WACHSMUTH, Frédéric, 46, avenue de la Chapelle, à Berchem (Anvers).
- 330 WATTEYNE, V., Ingénieur en chef des Mines, Directeur au Ministère de l'Industrie et du Travail, 496, avenue de la Couronne, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 331 WAUTERS, J., Chimiste de la Ville, 83, rue Souveraine, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 332 WICHMANN, Arthur, Dr Phil., Professeur à l'Université d'Utrecht (Hollande).
- 333 WIENER, Lionel, 71, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 334 WIELEMANS-CEUPPENS, Industriel, 308, avenue Van Volxem, à Forest lez-Bruxelles.
- 335 WILLEMS, J., Capitaine-commandant du Génie, 174, rue Royale Sainte-Marie, à Schaerbeek lez-Bruxelles.
- 336 WIRTGEN, P.-J., Major en retraite, 7, avenue du Haut-Pont, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- 337 * WITTOUCK, Paul, Industriel, 21, boulevard de Waterloo, à Bruxelles.
- 338 WOUTERS-DUSTIN, E., entrepreneur, 96, rue de Louvain, à Bruxelles.
- 339 YARZA (Adan de), Ingénieur des mines, Lequeitio (Vizcaya), Espagne.

- 340 * ZLATARSKI, Georges, Géologue, à Sofia (Bulgarie).
 341 ZONE, J., Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal, sous-directeur de la *Société anonyme du canal et des installations maritimes de Bruxelles*, 80, rue Froissard, à Bruxelles.

Membres Associés regnicoles.

1. AUGHUET, Charles, 124, rue des Confédérés, Saint-Josse-ten-Noode, lez-Bruxelles.
2. AVANZO, E., Homme de lettres, 68, avenue du Midi, à Bruxelles.
3. BOMMER, Ch., Conservateur au Jardin botanique de l'État, 17, rue des Petits-Carmes, à Bruxelles.
4. BOULENGIER, O., Docteur en médecine, 104, rue de la Croix-de-Fer, à Bruxelles.
5. BOURGEOIS, L., Comptable au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 3, rue Véronèse, à Bruxelles.
6. BRUNEEL, Frédéric, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, Gare du Nord, à Bruxelles.
7. BYL, E., Astronome-adjoint à l'Observatoire royal, 63, rue du Tyrol, à Bruxelles.
8. CHAZAL (le Baron Félix), Sous-lieutenant au 2^e régiment des Guides, 4, avenue de la Toison-d'Or, à Bruxelles.
9. COOMANS, L., Propriétaire, 3, rue des Brigittines, à Bruxelles.
10. DAUPHIN, G., Chef de bureau au Ministère des Chemins de fer, etc., 44, rue Vonck, à Schaerbeek lez-Bruxelles.
11. DEBLON, A., Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, 270, avenue de Cortenberg, à Bruxelles.
12. DE BULLEMONT, Emm., 39, rue de l'Arbre-Béni, à Ixelles lez-Bruxelles.
13. DE LIGNE, Émile, 38 boulevard du Jardin botanique, à Bruxelles.
14. DE PAUW, Conservateur des collections de l'Université libre de Bruxelles, 86, chaussée de Saint-Pierre, à Etterbeek lez-Bruxelles.
15. DEVAIVRE, Lucien, Attaché à la Direction du Service géologique, 102, rue Philomène, à Schaerbeek lez-Bruxelles.
16. DE VESTEL, Franz, Architecte, Professeur à l'Académie royale des Beaux-Arts, 13, rue de la Grosse-Tour, à Bruxelles.
17. DONAUX, Constant, Industriel, 13, rue Rempart des Moines, à Bruxelles.
18. DUFIEF, J., Professeur honoraire de géographie à l'Athénée royal de Bruxelles, Vice-Président de la *Société royale belge de géographie de Bruxelles*, 116, rue de la Limite, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.
19. DUFOURNY, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 29, avenue de la Brabançonne, à Bruxelles.
20. DUMORTIER, Valère, Architecte provincial en chef du Brabant, 90, avenue Ducpétiaux, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
21. FRAIPONT, Joseph, Ingénieur des Mines, 20, avenue des Arts, à Bruxelles.

- 22 GILBERT, F., ancien Directeur-gérant de charbonnage, 116, avenue Louise, à Bruxelles.
- 23 GOFFINET, Th., Conducteur provincial, Conducteur honoraire des Ponts et Chaussées, Commissaire voyer, à Braine-l'Alleud.
- 24 GOOSSENS, Ch., Directeur à l'Administration des mines, 38, avenue de la Couronne, à Bruxelles.
- 25 GRANGE, Camille, Chef de section aux Chemins de fer de l'État, 17, rue de l'Esplanade, à Bruxelles.
- 26 HANREZ, Georges, Ingénieur à la Société d'électricité Westinghouse, au Havre, et 190, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.
- 27 HAUWAERT, M., Architecte, rue des Moulins, à Vilvorde.
- 28 HEGENSCHIED, Alfred, Instituteur à l'école moyenne B de Bruxelles, 30, rue Gauthier, à Molenbeek-Saint-Jean lez-Bruxelles.
- 29 HOUZEAU, Jean, Industriel, à Saint-Symphorien, près Mons.
- 30 ISABEAU, Valéry, Étudiant à l'Université libre, 17, rue Delval, à Dour (Hainaut).
- 31 JACQUES fils, Ingénieur des mines, 36, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.
- 32 JONCKHEERE, Éd., 21, rue du Marécage, à Bruges.
- 33 LAMBIN, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 31, avenue de la Brabançonne, à Bruxelles.
- 34 LANDOY, Jules, 184, avenue de Tervueren, à Woluwe-Saint-Pierre.
- 35 LARA (Alfred DE), Ingénieur civil, 59, rue de Ten-Bosch, à Bruxelles.
- 36 LUCION, René, Docteur ès sciences, 76, rue Maes, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 37 MALVAUX, Alfred, Héliographe, 69, rue de Launoy, à Molenbeek-Saint-Jean lez-Bruxelles.
- 38 MAUKELS, Architecte, 5, rue Ortélius, à Bruxelles.
- 39 NAVEZ, A., Chef de Section à l'Administration des Chemins de fer, rue Linnée, 48, à Bruxelles.
- 40 NOULET, Édouard, Industriel, à Bracquenies (Hainaut).
- 41 PETIT, Julien, Peintre-décorateur, 15, rue de Berlin, à Ixelles lez-Bruxelles.
- 42 RAHIR, Edmond, 116, rue de la Limite, à Bruxelles.
- 43 RYCX, Jules, Ingénieur en chef, Directeur des ponts et chaussées, 148, chaussée de Charleroi, à Bruxelles (*hiver*), et Deeweg, à Uccle (*été*).
- 44 SIMOENS, Émile, 25, rue des Patriotes, à Bruxelles.
- 45 TAQUIN, le Dr Arthur, à Genappe.
- 46 THILLY, H., Architecte à l'Administration des Télégraphes, Professeur à l'École industrielle de Lacken, 49, rue Champ de l'Église, à Lacken.
- 47 THÉODOR, L., Avocat, ancien Membre de la Chambre des Représentants, 118, rue du Commerce, à Bruxelles.
- 48 VAN DEN BOGAERDE, H., Ingénieur aux Chemins de fer de l'État belge, 132, rue de la Loi, à Bruxelles.
- 49 VAN DRUNEN, James, Ingénieur, 9, rue des Champs-Élysées, à Ixelles lez-Bruxelles.

50. VAN GELDER, Eugène, Artiste peintre et Homme de lettres, 79, rue Renkin, à Bruxelles.
51. VAN HALEWYCK, 41, rue Rubens, à Bruxelles.
52. VANHOVE, D., Docteur en sciences minérales, rue des Carmes, 1, à Bruges, et au Laboratoire de minéralogie de l'Université de Gand.
53. VAN HUMBEEK, Architecte, 18, rue de Naples, à Ixelles lez-Bruxelles.
54. VAN LINT, Victor-J., Ingénieur civil, Inspecteur des Eaux de la ville de Bruxelles, 73, avenue Michel-Ange, à Bruxelles.
55. VAN YSENDYCK, Maurice, Architecte, attaché à la Commission royale des monuments, 58, rue de la Source, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
56. WALIN, Ingénieur, quai Mativa, 30, à Liège.
57. WEENS, Ingénieur en chef, Directeur de service des Chemins de fer de l'État belge, 18, rue d'Hastedon, à Namur.
58. WEYERS, J., 35, rue Joseph II, à Bruxelles.
59. WILLEMS, Léopold, Inspecteur d'assurances, 14, rue de Tilly, à Bruxelles.

Membres décédés en 1902.

- E. ARRAULT, Paulin, à Paris.
- E. DE NAEYER, à Willebroeck.
- E. D'HONDT, F., à Courtrai.
- E. KLEMENT, C., à Bruxelles.
- E. MACPHERSON, J., à Madrid.
- E. PETERMANN, à Gembloux.
- E. TEDESCO, à Anvers.
- A. R. HARDY, à Quaregnon.

RÉCAPITULATION AU 1^{er} JANVIER 1903.

Membre protecteur	1
Membres honoraires	40
Membres associés étrangers	23
Membres payants : 400 { effectifs	341
{ associés regnicoles	59

COMPOSITION DU COMITÉ PERMANENT D'ÉTUDE
DES
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION BELGES

CONSTITUÉ EN 1896

sous les auspices et parmi les membres

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Président :

WILLEMS, J., Délégué du Conseil de la *Société belge de Géologie*, Capitaine commandant du Génie, 174, rue Royale-Sainte-Marie, à Schaerbeek.

Secrétaires :

GILLET, Ingénieur de la Résidence royale, 215, avenue de la Reine, à Laeken.

RABOZÉE, H., Capitaine du Génie, Professeur à l'École Militaire, 18, rue du Conseil, à Ixelles (Bruxelles).

VAN BOGAERT, Cl., Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, 88, rue Wilson, à Bruxelles.

VAN YZENDYCK, Paul, Ingénieur, 8, avenue du Haut-Pont, à Saint-Gilles (Bruxelles).

Membres :

BAYET, L., Ingénieur, Membre de la Commission géologique de Belgique, à Walcourt (province de Namur).

CUVELIER, E., Capitaine commandant du Génie; Professeur à l'École Militaire, 43, rue Keyenveld, à Ixelles (Bruxelles).

Nota. — Les membres de la Société qui désirent prendre part aux réunions et aux travaux du *Comité des Matériaux* sont priés d'en informer le Bureau, qui leur fera envoyer les documents et convocations nécessaires.

DE SCHRYVER, F., Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 29, rue du Prince Royal, à Ixelles lez-Bruxelles.

DOLLO, L., Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, à Bruxelles.

GOBERT, A., Ingénieur-Expert, 222, chaussée de Charleroi, à Saint-Gilles (Bruxelles).

GOSSELET, J., Correspondant de l'Institut de France, ancien Président de la *Société belge de Géologie*, Professeur honoraire de géologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille, 48, rue d'Antin, à Lille (France Nord)

HANS, J., Ingénieur civil, 149, rue du Commerce, à Bruxelles.

JOTTRAND, G., Avocat, ancien Représentant, 39, rue de la Régence, à Bruxelles.

LECHIEU, Ad., Ingénieur en chef des Chemins de fer de l'État belge, à Bruxelles.

LUCION, R., Docteur en sciences, Chimiste, 76, rue Maes, à Ixelles lez-Bruxelles.

MONNOYER, L., Entrepreneur, 262, avenue Louise, à Bruxelles.

MOURLON, M., Membre de l'Académie royale des Sciences, Directeur du *Service géologique de Belgique*, 2, rue Latérale, à Bruxelles.

RENARD, Membre de l'Académie royale des Sciences. Professeur à l'Université de Gand, 44, avenue Ernestine, à Bruxelles.

ROELOFS, P., Industriel, rue des Tanneurs, à Anvers.

RUTOT, A., Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, Membre du Conseil de direction de la Carte géologique de Belgique, 177, rue de la Loi, à Bruxelles.

STAINIER, X., Membre de la Commission géologique, Président de la *Société belge de Géologie*, Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

VAN DEN BROECK, E., Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, Secrétaire général de la *Société belge de Géologie*, Membre du Conseil de direction de la Carte géologique de Belgique, 39, place de l'Industrie, à Bruxelles.

LISTE DES MEMBRES

DE LA

SECTION PERMANENTE D'ÉTUDES DU GRISOU

Président de la Section et de son Comité de Patronage.

M. Aug. BEERNAERT, Ministre d'État, Membre de la Chambre des Représentants.

Membres du Comité de Patronage.

GREINER, Ad., Directeur général de la Société Cockerill, à Seraing.

MONTEFIORE-LEVI, ancien Sénateur, Château de Rond-Chêne, par Esneux.

SOLVAY, E., Sénateur et Industriel, à Ixelles lez-Bruxelles.

URBAN, Ad., Directeur général de la Compagnie des Carrières de Quenast, à Bruxelles.

Membres correspondants (1).

ABRAMOFF, T.-J., Ingénieur des Mines, à Makeevka, par station de Kartzisk (Russie).

ALIMANESTIANO, Const., Directeur de l'Industrie et du Commerce au Ministère des Domaines, 27, Strada Dómnei, à Bucarest.

BERGERON, Ingénieur civil, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, 157, boulevard Haussmann, à Paris. (VIII.)

CAPELLINI (le Commandeur), Professeur de géologie à l'Université, Via Zamboni, à Bologne (Italie).

CAYEUX, Lucien, Professeur à l'Institut national agronomique de France, 6, place Denfert, à Paris.

DUFRANE-DEMANET, Directeur général de la Compagnie Austro-Belge de Pétrole, 678, chaussée de Waterloo, à Bruxelles.

(1) Membres de la Société belge de Géologie, habitant l'étranger et ayant adhéré à la Section permanente d'étude du grisou.

- FOUQUÉ, F., Membre de l'Institut de France, Professeur au Collège de France, à Paris. (XIV.)
- GEIKIE, Archibald, ancien Directeur général du Service géologique de Grande-Bretagne et d'Irlande, à Londres.
- GOSSELET, Jules, Correspondant de l'Institut de France, Doyen de la Faculté des sciences de Lille.
- GROSSOUVRE (A. DE), Ingénieur en chef des Mines, à Bourges.
- HUGHES, Th., M^r Kenny, Professeur à l'Université de Cambridge (Angleterre).
- ISSEL, Arthur, Professeur de géologie à l'Université de Gênes.
- JANET, Léon, Ingénieur des Mines, 87, boulevard Saint-Michel, à Paris. (V.)
- KARPINSKY, A.-P., Directeur du Comité géologique, Professeur à l'École des Mines, à Saint-Petersbourg.
- KOTSOWSKI, N., Ingénieur des Mines, Professeur à l'Institut des Mines, à Saint-Petersbourg.
- LANG, O., Ingénieur, Im Moore, 9A, à Hanover (Allemagne).
- LAUR, Fr., Ingénieur civil des Mines, 26, rue Brunel, à Paris. (XVII.)
- LOQUÉTY, Maurice, Ingénieur, à Boulogne-sur-Mer (France).
- MEUNIER, Em., Négociant en charbons, à Crépy en Valois (France).
- MOJSISOVICS VON MOJSVAR, D^r Edm., K. K. Hofrath. Wirkl. mitglied der K. Akad. der Wiss., 26, Strohgasse, à Vienne.
- NICKLÈS, René, Professeur à la Faculté des sciences, 27^{bis}, rue des Tiercelins, à Nancy (France).
- POLIS, P., Directeur de la Station météorologique centrale, 29, Alphonetrasse, à Aix-la-Chapelle.
- RENEVIER, E., Professeur de géologie à l'Université de Lausanne.
- RÖSENBUSCH, H., Professeur de géologie à l'Université d'Heidelberg.

Membres Associés étrangers (1).

- ATKINSON, W.-N., Inspecteur des Mines, Barlaston, Stoke-on-Trent.
- BEHRENS, Inspecteur des Mines, Directeur général de la Société d'Hibernia, à Herne.
- BERGERAT, Ingénieur des Mines, à Lens (Pas-de-Calais).
- BRETON, Ludovic, Ingénieur, 48, rue Royale, à Calais.
- BROWN, Walton, Secrétaire du North England Institute of Mining and Mechanical Engineers, 5, Lambton Road, à Newcastle-upon-Tyne.
- CANU, 10, avenue de l'Aube, à Saint-Maurice (Seine).
- CHESNEAU, Gust., Ingénieur en chef des Mines, Secrétaire de la Commission française du grisou, 48, rue des Pyramides, à Paris.
- DAVISON, Ch. D. Sc. Al. A., 16, Manor Road, Edgbaston, à Birmingham.

(1) Titre réservé aux personnes ayant adhéré à la Section d'étude du grisou mais ne faisant pas partie de la Société belge de Géologie.

- FISCHER, Directeur général des Mines royales de Saxe, à Freiberg.
- GRAND'EURY, F.-C., Ingénieur des Mines, 7, rue de Paris, à Saint-Étienne (Loire).
- GUERRE, Paul, Ingénieur des Mines, à Nœux (France, Nord).
- GUNTHER, Dr Sig^d, Professeur à l'École technique, 5^{ue}, Akademie Strasse, à Munich.
- KETTE, Ingénieur des Mines, à Essen.
- KILIAN, W., Professeur de géologie à l'Université de Grenoble, boulevard Gambetta, à Grenoble (Isère).
- LAGUESSE, Professeur de sciences à l'École supérieure, à Hambourdin (France).
- MEYER, Adolphe, Chimiste, 43, rue Jeanne-d'Arc, à Lille.
- MONTESSUS DE BALLORE DE, Chef d'escadron, commandant le Bureau de recrutement, à Abbeville.
- MOREUX (Abbé Th.), Directeur de l'Observatoire du Séminaire de Saint-Célestin, à Bourges (France).
- MOUREAUX, Directeur du service magnétique de l'Observatoire du parc Saint-Maur, près Paris.
- ORIEUL DE LA PORTE, Ingénieur des Mines, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- PETIT, P., Ingénieur en chef des houillères de Saint-Étienne, à Saint-Étienne (Loire).
- TAEGELICHSECK, Ingénieur en chef des Mines en Westphalie, à Dortmund.
- ZENGER, Directeur de l'Observatoire de Prague.

Comité technique (1)

de la Section permanente d'étude du grisou.

- BAYET, Louis, Ingénieur, à Walcourt (province de Namur).
- CORNET, J., Professeur de géologie à l'École des Mines de Mons, 86, boulevard Dolez, à Mons.
- CUVELIER, Eugène, Capitaine commandant du Génie, Professeur à l'École militaire, 43, rue Keyenveld, à Ixelles lez-Bruxelles.
- DEJARDIN, L., Directeur des Mines, 186, rue du Trône, à Ixelles lez-Bruxelles.
- * DENOËL, L., Ingénieur des Mines, 56, rue Américaine, Bruxelles.
- FLAMACHE, Armand, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État belge, chargé de cours à l'Université de Gand, 16, square Gutenberg, à Bruxelles.
- GERARD, L., Ingénieur, ancien Professeur à l'Université, à Oisquereq.
- GILBERT, Théod. A.-F., Docteur en médecine, 26, avenue Louise, à Bruxelles.
- GILBERT, Fr., ancien Directeur de charbonnage, 116, avenue Louise, à Bruxelles.
- GODY, Professeur à l'École militaire, 85, rue du Viaduc, à Ixelles lez-Bruxelles.
- HABETS, Alfred, Ingénieur, Professeur à l'Université de Liège, 3, rue Paul Devaux, à Liège.
- HABETS, Paul, Directeur-gérant de charbonnage, 17, Avenue Blondin, à Liège.
- HARZÉ, Em., Directeur général honoraire des Mines, 213, rue de la Loi, à Bruxelles.

(1) Dans les listes qui suivent, les noms des adhérents à la Section qui ne font pas partie de la Société belge de Géologie sont indiqués par l'adjonction d'un astérisque (*).

HOUSSEAU DE LEHAIE, Auguste, Sénateur, au château de l'Ermitage, à Mons.

* JACQUES, Lieutenant; répétiteur de physique à l'École Militaire, 33, avenue de la Couronne, à Ixelles lez-Bruxelles.

JACOBS, Fernand, Président de la *Société belge d'Astronomie*, 21, rue des Chevaliers, à Bruxelles.

KESTENS, Capitaine d'artillerie adjoint d'État-Major, 216, chaussée de Wavre, à Ixelles lez-Bruxelles.

KERSTEN, J., Ingénieur, Inspecteur général des charbonnages patronnés par la Société générale pour favoriser l'industrie nationale, 32, rue de Neufchatel, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

LAGRANGE, Eug., Professeur à l'École Militaire, 60, rue des Champs-Élysées, à Ixelles lez-Bruxelles.

* LAGRANGE, Ch., Professeur à l'École Militaire, 42, rue Sans-Souci, à Ixelles lez-Bruxelles.

LANCASTER, Albert, Directeur du Service météorologique à l'Observatoire royal, 297, avenue Brugmann, à Uccle.

LAMBIOTTE, Directeur-gérant de la Société anonyme des Charbonnages réunis de Roton-Farciennes, à Tamines.

LARMOYEUX, Ernest, Ingénieur des Mines, 30, boulevard Dolez, à Mons.

MOURLON, M., Membre de l'Académie royale des Sciences, Directeur du Service géologique de Belgique, 107, rue Belliard, à Bruxelles.

RABOZÉE, H., Capitaine du Génie, 18, rue du Conseil, à Ixelles lez-Bruxelles.

RENARD, Alphonse, Professeur à l'Université de Gand, 14, avenue Ernestine, à Ixelles lez-Bruxelles.

ROERSCH, Léon, Ingénieur, Directeur des Mines et Charbonnages de la Nouvelle-Montagne, 108, rue Souveraine, à Ixelles lez-Bruxelles.

RUTOT, Aimé, Ingénieur honoraire des Mines, Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, 177, rue de la Loi, à Bruxelles.

SCHMITZ (le R. P. Gaspar), S. J., Directeur du *Musée géologique des Bassins houillers belges*, à Louvain. (Adresse : Musée Houiller, 41, rue des Récollets, Louvain.)

STAINIER, X., Membre de la Commission géologique de Belgique, Professeur à l'Institut agricole, à Gembloux.

VAN DEN BROECK, Ernest, Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, 39, place de l'Industrie, à Bruxelles.

WATTEYNE, V., Ingénieur en chef des Mines, 196, avenue de la Couronne, à Ixelles lez-Bruxelles.

WILLEMS, J., Capitaine commandant du Génie, 174, rue Royale-Sainte-Marie, à Schaerbeek lez-Bruxelles.

Sociétés de Charbonnages inscrites à la Société belge de Géologie en qualité de Membres à perpétuité, ou à vie (les 2 dernières).

Société des CHARBONNAGES DE MONCEAU-FONTAINE, à Monceau-sur-Sambre. (Délégué : M. Vital Moreau, Directeur gérant.)

Société anonyme des CHARBONNAGES DE BASCOUP. (Délégué : M. Lucien Guinotte, Directeur-Administrateur.)

Société anonyme des CHARBONNAGES DE HORNU ET WASMES, à Wasmes.
(Délégué : M. Gédéon Deladrière, Régisseur.)

Société anonyme des CHARBONNAGES DE MARIEMONT. (Délégué : M. Raoul Warocqué, Administrateur délégué.)

Société anonyme du CHARBONNAGE DU BOIS D'AVROY, à Sclessin-Ougrée (Liège).
(Délégué : M. Bogaert, Hilaire, 201, Quai de Fragnée, Liège.)

Compagnie des CHARBONNAGES BELGES, à Frameries. (Délégué : M. Isaac Isaac, Directeur-gérant.)

Société anonyme des CHARBONNAGES UNIS DE L'OUEST DE MONS, à Boussu.
(Délégué : M. Arthur Dupire.)

Société anonyme de MARCINELLE COUILLET, à Marcinelle (Charleroi). (Délégué : M. Nestor Évrard, Directeur-gérant.)

Société anonyme des CHARBONNAGES, HAUTS FOURNEAUX ET USINES DE STRÉPY-BRACQUEGNIES, à Strépy-Bracquegnies. (Délégué : M. Amour Sottiaux, Directeur-gérant.)

Liste des Membres de la Société,

*inscrits comme adhérents à la Section, en vue d'assister à ses séances
et réunions et d'en recevoir séparément les publications.*

BAUWENS, Léonard, Receveur des contributions, 33, rue de la Vanne, à Bruxelles.
COSSOUX, Léon, Ingénieur civil, ex-Ingénieur du Gouvernement russe au Caucase,
34, rue de Bériot, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.

* DAMRY, Albert, Vérificateur en chef des Poids et Mesures, 3, place du Nouveau-Marché-aux-Grains, à Bruxelles.

DE BUSSCHERE, A., Conseiller à la Cour d'appel, 82, rue Mercelis, à Ixelles lez-Bruxelles.

DE SCHRYVER, Ferdinand, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées,
29, rue du Prince-Royal, à Ixelles lez-Bruxelles.

* DWELSHAUVERS-DERY, V., Professeur à l'Université, 5, Quai Marcellis, à Liège.

FÉLIX, J., Docteur en médecine, 397, avenue Louise, à Bruxelles.

FIÉVEZ, Charles, Trésorier de la *Société belge d'Astronomie*, 43, Trois-Tilleuls,
à Boitsfort.

GILBERT, Théod., Docteur en médecine, 26, avenue Louise, à Bruxelles.

GILLET, Lieutenant du Génie, 267, avenue de la Reine, à Laeken.

GOLDSCHMIDT, Robert, Docteur en sciences, 495, avenue Louise, à Bruxelles.

HANKAR-URBAN, Albert, 15, rue Montoyer, à Bruxelles.

HANS, J., Ingénieur civil, 119, rue du Commerce, à Bruxelles.

HEUSEUX, L., Ingénieur, Directeur-gérant des charbonnages de Courcelles-Nord,
à Courcelles.

JACQUES, Victor, Docteur en médecine, Secrétaire général de la *Société d'Anthropologie de Bruxelles*, 36, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.

KEMNA, Ad., Directeur de la Société anonyme des Travaux d'eau, 6, rue Montebello,
à Anvers.

- LAMBERT, Guillaume, Ingénieur, 742, boulevard Bischoffsheim, à Bruxelles.
- LAMBIN, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 31, avenue de la Brabançonne, à Bruxelles.
- LATINIS, Léon, Ingénieur-expert, à Senefte.
- LEMONNIER, Alfred, Ingénieur, 60, boulevard d'Anderlecht, à Bruxelles.
- * LE PAIGE, Directeur de l'Observatoire de Cointe, près Liège.
- MABILLE, Valère, Industriel, à Mariemont.
- PAQUET, Gérard-Th., Capitaine retraité, 74, chaussée de Forest, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
- PASSELECQ, Albert, Ingénieur, Directeur du charbonnage du Midi de Mons, 54, rue du Hautbois, à Mons.
- PIÉRET, Victor, Ingénieur en chef provincial du Brabant, 49, rue des Deux-Églises, à Bruxelles.
- PIERPONT (Édouard DE), au château de Rivière, par Profondeville-s/Meuse.
- POSKIN, Achille (Dr), 8, rue Léopold, à Spa.
- PUTTEMANS, Charles, Professeur de chimie à l'École industrielle, 9, rue Van Bemmel, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.
- SIMOENS, G., Dr ès sciences minérales, 2, rue Latérale, à Bruxelles.
- SQUILBIN, Henri, Ingénieur, 8, avenue des Arts, à Anvers.
- VAN BELLINGEN, Constant, Ingénieur, 70, rue Montoyer, à Bruxelles.
- * WALRAVENS, Henri, Assistant météorologiste à l'Observatoire, à Uccle.
- WAUTERS, J., Chimiste de la Ville, 83, rue Souveraine, à Ixelles lez-Bruxelles.
- WEYERS, J., 35, rue Joseph II, à Bruxelles.
- WIRTGEN, P.-J., Major en retraite, 7, avenue du Haut-Pont, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.
-

ABONNÉS

AU

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

- 1 Administration des BATIMENTS CIVILS, à Bruxelles.
- 2 Service général des CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT, à Bruxelles.
- 3 INSTITUT CARTOGRAPHIQUE MILITAIRE, à La Cambre.
- 4 ÉCOLE DE GUERRE, à La Cambre.
- 5 SERVICE D'HYGIÈNE, à Bruxelles.
- 6 INSPECTION DU GÉNIE, à Bruxelles.
- 7 RÉGIMENT DU GÉNIE, à Anvers.
- 8 ÉCOLE NORMALE, de Bruxelles.
- 9 SOCIÉTÉ ANONYME DES PHOSPHATES, de la Malogne.
- 10 M. BÉRANGER, Libraire, à Liège.
- 11 BIBLIOGRAPHIE DE BELGIQUE, à Bruxelles.
- 12 M. DIETRICH, Libraire, à Bruxelles.
- 13 M. DULAU, Libraire, à Londres.
- 14 M. Max WEG, Libraire, à Leipzig.
- 15 M. TWIETMEYER, libraire, à Leipzig.
- 16 Société belge de Librairie, à Bruxelles.
- 17 MM. MISH et THRON, Libraires, à Bruxelles (2 abonnements).

(18 abonnements.)

LISTE DES PUBLICATIONS
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

SECRÉTARIAT : 39, PLACE DE L'INDUSTRIE, A BRUXELLES

1^o BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE.
(Mémoires et Procès-verbaux réunis.)

Première série :

Tomes I (1887) à X (1896), représentant ensemble 3,460 pages de *Mémoires*, accompagnés de 112 planches; 3,131 pages de *Procès-verbaux* des séances et 744 pages de *Traductions, Reproductions; Tables, etc.*; soit ensemble 7,335 pages.

Nota.— Une TABLE DÉCENNALE des matières (1887-1896) sera ultérieurement publiée.

Deuxième série :

Tomes XI (1897) à XVI (1902), tous six parus, ou en cours de publication.

ONT PARU :

Tomes XI (1897) à XV (1901). Complètes.

Tome XVI (1902) : fascicule I (mars 1902), fascicules II-III (juillet 1902), fascicule IV (février 1903). Reste à paraître : fascicule V et dernier (sous presse).

Prix de vente et d'abonnement : **20 francs** le volume.

Prix pour les membres : **10 francs.**

2° PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES (tirés séparément à un chiffre très limité).

ONT PARU :

Tomes I (1887) à X (1896) de la première série.

Tomes XI (1897) à XVI (1902) de la deuxième série.

Prix de vente et d'abonnement : **10 francs** le volume.

Prix pour les membres : **5 francs**.

3° NOUVEAUX MÉMOIRES (Série nouvelle in-4°, publiée supplémentairement au Bulletin). — **Mémoire n° 1, 1903, CH. BOMMER,**
Les Causes d'erreur dans l'étude des empreintes végétales.

(Mémoire in-4° de 31 pages, avec dix planches dont huit coloriées.)

**4° PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA SECTION
PERMANENTE D'ÉTUDES DU GRISOU,** de la Société
belge de Géologie.

ONT PARU :

Tome I de la série spéciale (année 1898). Un volume de 171 pages de Procès-verbaux, accompagné de deux *Mémoires* (de MM. Harzé et Van den Broeck) formant ensemble 56 pages. — Prix : **5 francs**. (S'adresser au *Secrétariat*.)

Fascicules II à VI. (Procès-verbaux de séances spéciales de la Section.)

Prix : 0 fr. 50 par fascicule.

5° LA PLUIE EN BELGIQUE, par A. LANCASTER, Directeur du Service météorologique de l'Observatoire royal d'Uccle. — Un volume de 224 pages grand in-8°, avec une planche, et accompagné de la **CARTE PLUVIOMÉTRIQUE DE LA BELGIQUE**, à l'échelle du 400 000°.

(Données statistiques fournies par 282 stations. Observations faites depuis le siècle dernier jusqu'au 31 décembre 1892.)

Prix de l'ouvrage complet : **9 francs** — Pour les membres : **4 francs**.

Prix du volume : **5 francs**. — Prix de la carte en couleurs : **5 francs**; de la carte en bistre : **1 franc**. — Réduction de 40 % en librairie.

Pour les membres. Prix du volume : **fr. 2.50**; de la carte en couleurs : **fr. 2.50**; de la carte en bistre : **30 centimes**.

Nota. — Des *conditions spéciales* sont faites aux Administrations publiques et aux libraires pour toute commande dépassant cinq exemplaires.

6° CARTE GÉNÉRALE DE LA PARTIE MÉRIDIONALE DE LA MER DU NORD, dressée d'après les sondages les plus récents, par C.-J. VAN MIERLO, ingénieur hydrographe de l'État belge, assisté par M. *Ém. Spysschaert*, second de l'Hydrographie.

Document publié en 1897 par la *Société belge de géologie*. Édité chez *H. Lamertin*, libraire-éditeur, rue du Marché-au-Bois, à Bruxelles.

Prix de vente : **4 francs**. — Pour les membres de la Société : **2 francs**.

7° CARTE LITHOLOGIQUE DES FONDS DE LA MER DU NORD AVOISINANT LA CÔTE BELGE, par M. C.-J. VAN MIERLO, assisté par M. *Ém. Spysschaert*.

Fascicule de 47 pages de texte et tableaux, accompagnant la carte.

Prix de vente : **4 francs**. — Pour les membres de la Société : **2 francs**.

8° PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES SPÉCIALES CONSACRÉES A L'ÉTUDE DES SABLES BOULANTS.

Cinq fascicules, exposant les travaux de la Section en 1901 et 1902, ont paru. Il n'a été tiré que *quarante* exemplaires, destinés à la vente, de l'ensemble de ces fascicules, formant un mémoire dont le prix est fixé à **5 francs**. (**3 francs** pour les membres.)

Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser au **SECRÉTARIAT de la Société.**

LISTE
DES
AUTEURS D'OUVRAGES NON PÉRIODIQUES
REÇUS EN DON

PAR LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE
PENDANT L'ANNÉE 1903

DONS D'AUTEURS

(La pagination se rapporte aux Procès-Verbaux des séances mensuelles
fournissant les titres des ouvrages reçus.)

Ahlenius, Karl, p. 131.
Alippi, Tito, p. 170.
André, J.-B., p. 131.
Andrimont, René d', pp. 68, 316.
Arctowski, H., p. 69.
Ardailon, Ed., p. 316.
Barré, O., p. 565.
Bernard, F.-M., p. 421.
Bonmariage (D^r A.), p. 4.
Bradfer, Rob., p. 527.
Breuil (l'abbé), p. 421.
Briquet, A, p. 218.
Capitan, L, p. 421.
Card, George-W., p. 169.
Carnot, Ad., p. 421.
Casse, A., p. 316.
Cayeux, L., p. 316.
Choffat, P., pp. 69, 131, 612.

Clemm, Walter-Nic., p. 169.
Cogels, P., pp. 131, 133.
Cooreman, T, p. 96.
Cornet, J., pp. 69, 133, 170, 526, 527.
Credner, H., p. 94.
Cruz, E. de la, p. 218.
Cuvellier, E., p. 527.
Dall, W.-H, p. 565.
Darwin, Ch., p. 4.
Dautzenberg, Ph., pp. 68, 317.
De Brouwer, M, pp. 170, 317.
De Foere, Léon, p. 526.
De Saintignon, F., p. 169.
De Wildeman, E., p. 68.
Dienert, F., p. 527.
Dollfus, G.-F., pp. 68, 96, 317, 565.
Dollo, L., pp. pp. 94, 131, 565.
Dollot, A., pp. 421, 526.

- Doppler, Christian**, p. 94.
Dubuisson, L., p. 527.
Dutertre (Dr), p. 131.
Fagnart, Ad., pp. 131, 132.
Faidiga, Ad., p. 526.
Félix (Dr Jules), pp. 67, 527.
Ferrero, E., p. 526.
Forel, F.-A., p. 218.
Fouqué, F., pp. 131, 132.
Fournier, E., p. 529.
Fritel, P.-H., p. 133.
Gascon, A., p. 218.
Gaubert, Paul, p. 133.
Gaudry, Albert., pp. 131, 132.
Gosselet, J., pp. 95, 132.
Guérassimon, A.-P., p. 168.
Harmer, F.-W.-A., pp. 68, 69, 565.
Harzé, E., pp. 169, 527.
Henry, L., p. 218.
Herz, O., p. 526.
Hoernes, R., p. 218.
Ijitzky, N, p. 168.
Imbeaux, Ed., p. 564.
Issel, A., p. 94.
Ivanow, M., p. 168.
Jaczewski, L, p. 168.
J(ones) T. R(upert), p. 219.
Kanazawa, S, p. 218.
Kemna, Ad., pp. 4, 69, 133, 527, 528, 613.
Kersten, J., pp. 133, 170.
Knett, J., p. 527.
Koenen, A. von, p. 132.
Koto, B., p. 218.
Labat, A., p. 169.
Ladrière, J., pp. 94, 95, 96.
Lagrange, E., pp. 69, 134.
Lambert, J, p. 96.
Lang, Otto, p. 97.
Lapparent, (A. de), pp. 131, 132, 169, 218, 421, 528, 529, 564.
Láska, W., p. 218.
Laville, A., p. 564.
Lecomte-Denis, Maurice, p. 133.
Le Couppey de la Forest, M., pp. 132, 317, 528.
Lejeune de Schiervel, Ch, p. 170.
Leriche, M., pp. 4, 5, 68, 317.
Lönborg, Sven, p. 526.
Lorié, J., pp. 528, 613.
Lotti, B., pp. 169, 612.
Marboutin, F., p. 529.
Marbut, C.-F., p. 218.
Martel, E.-A., pp. 421, 526, 528.
Matthew, G.-F., pp. 132, 316.
Mazelle, Ed., pp. 68, 421.
Meister, A, p. 168.
Meunier, Stan, pp. 5, 564.
Mieg, M., p. 132.
Ministère de l'Agriculture, p. 168.
Miron, F., p. 133.
Mojsisovics, Ed. von, p. 613.
Montessus de Ballore, F. de, p. 421.
Moulan, T.-C., p. 134.
Mourlon, M., pp. 170, 219, 528.
Oldham, R.-D., p. 96.
Parker, G.-H., p. 68.
Peyrony, p. 421.
Popoff, Boris, p. 68.
Prinz, W., pp. 4, 134.
Putzeys, E, p. 528.
Quinet (Dr), p. 5.
Rahir, Ed., pp. 170, 529.
Ramond, G., pp. 421, 526.
Reade, T. M., p. 565.
Reclus, Elisée, p. 96.
Renevier, E, p. 68.
Richthofen, Ferd. von, pp. 68, 527.
Rigaux, E., p. 5.
Rutot, A., pp. 169, 317, 527, 528.
Sacco, F., p. 613.
Schardt, H., p. 528.

- | | |
|--|---|
| Schmitz, G. , p. 97. | Trillat, A. , p. 529. |
| Schorin, Josef , p. 96. | Van den Broeck, E. , pp. 69, 97, 134, 170, 527, 529. |
| Schulz-Briesen , p. 96. | Van de Wiele, C. , p. 97. |
| Schwab, P.-Franz , pp. 68, 613. | van Ertborn (le baron O.), pp. 5, 96, 131, 132, 133, 169, 170, 219, 529. |
| Simoens, G. , pp. 69, 97, 134, 170, 317, 528. | Verrill, A.-E. , p. 69. |
| Spring, W. , p. 169. | Vifquain, J.-B. , p. 420 (1). |
| Stainier, X. , pp. 528, 529. | Voit, Carl von , p. 133. |
| Stehlin, H.-G. , p. 132. | Whitaker, W. , p. 219. |
| Suess, Ed. , p. 421. | Woodward, A.-Smith , p. 97. |
| Tacquin, Arthur , p. 134. | Yavorovsky, P.-K. , p. 168. |
| Trasenster, Paul , p. 5. | |

(1) Don de M. l'Ingénieur *Gobert*.

EXPOSÉ DE L'ÉTAT DES ÉCHANGES

au 31 décembre 1903.

LISTE

DES

ACADÉMIES, INSTITUTS, SOCIÉTÉS SAVANTES, MUSÉES, REVUES, JOURNAUX, ETC.

EN RELATIONS D'ÉCHANGE DE PUBLICATIONS

AVEC LA

Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie

RELEVÉ DES ENVOIS REÇUS PENDANT L'ANNÉE 1903

(Le numéro initial est celui de l'inscription du périodique à la Bibliothèque.)

AFRIQUE.

- 2406 **Cape-Town.** Department of Agriculture. Geological Commission (*Annual Report*). 1896-1902.

AMÉRIQUE.

- 1328 **Albany.** New York State Museum (*Report of the State Geologist*). 1895-1901.
2823 — Society of Natural Science (*Bulletin*).
Baltimore. John Hopkins University.
1734 — *American Chemical Journal*. 1902 : 5-6; 1903.
1735 — *Circulars*. 1902.
2662 — Maryland Geological Survey (*Volume*). 1902.
3004 — Maryland Weather Service (*Volume*).
2243 **Buenos-Aires.** Museo Nacional (*Anales*). VIII, 1902 : 1-2.
3337 — *Comunicaciones*. 1898-1901.
2823 **Buffalo.** Society of Natural Sciences (*Bulletin*). V, 1886; VI, 1898; VII, 1901.
3648 **Brooklyn.** Museum of the Institute of Arts and Sciences. 1901-1902.
Cambridge (Mass.). Museum of Comparative Zoology (Harvard College).
2109 — *Bulletin*. XLII, 1903 : 1-4.
2109b — *Mémoires*.
2109^{ter} — *Annual Report*. 1902-1903.

- 3314 **Chicago.** The Journal of Geology. X, 1902 : 8; XI, 1903.
- 3741 **Columbus.** Ohio State University (Board of Trustees) (*Annual Report*).
- 2097 **Davenport.** Academy of Natural Science (*Proceedings*).
- 2825 **Des Moines.** Iowa Geological Survey (*Ann. Rep.*). XII, 1901.
- 523 **Halifax.** Nova Scotia Institut of Natural Science (*Proc. and Trans.*). X, 1898-1901.
- 2207 **Indianapolis.** Department of Geology and Natural Resources (*Annual Report*). XXVI, 1901.
- 2481 — Indiana Academy of Science (*Proceedings*).
- 1407 **Jefferson-City.** Geological Survey of Missouri (*Report*).
- Lawrence.** University Geological Survey of Kansas.
- 2688 — *Annual Bulletin*.
- 2258 — Kansas University (*Quarterly*). I, 1902.
- 1736 **Lima.** Sociedad Geografica (*Boletin*). XII, 1902 : 3, 4; XIII, 1903 : 1-2.
- 4157 — Corps des ingénieurs des Mines du Pérou (*Boletin*). 1902 : 1-2.
- 2824 **Madison.** Wisconsin Academy of Science, Arts and Letters (*Transactions*).
- Wisconsin Geological and Natural History Survey.
- 3217 — Scientific Series (*Bulletin*). VIII, 1902.
- 3218 — Economic Series (*Bulletin*).
- 2663 **Meriden.** Scientific Association (*Transactions*).
- 2289 **Mexico.** Instituto geológico (*Boletin*).
- 2994 — Sociedad científica « Antonio Alzate » (*Memorias*). XVII, 1902 : 4-6; XVIII, 1902 : 1-2; XIX, 1902-1903.
- Minneapolis.** Geological and Natural History Survey of Minnesota.
- 639 — *Annual Report*. I, 1872 - VI, 1901.
- 639b — *Bulletin*.
- 2368 — Minnesota Academy of Natural Science (*Bulletin*).
- 3289 **Montevideo.** Museo nacional (*Anales*). 1a, 2a, 1903 ; V, 1903.
- 2070 **New Haven.** American Journal of Science. XV, 1903; XVI, 1903.
- 2091 — Connecticut Academy of Arts and Sciences (*Transactions*).
- New York.** Academy of Sciences (late Lyceum of Natural History).
- 1162 — *Transactions*.
- 1162^{bis} — *Annals*. X, 1898 - XIV, 1901.
- 1162^{ter} — *Memoirs*.
- 2047 — Science.
- 1965 **Ottawa.** Commission de Géologie et d'Histoire naturelle du Canada (*Rapport annuel*).
- 1964 — Geological Survey of Canada (*Palaeozoic fossils*). Catalogue II.
- Philadelphie.** Academy of Natural Sciences.
- 2089 — *Proceedings*. LIV, 1902; LV, 1903 : 1.
- 2089b — *Journal*, XII, 1902 : 1-2.

- 2257 **Philadelphie.** American Philosophical Society (*Proceedings*). XLII, 1903 :
n^{os} 172-173
- 2257b — Memorial volume, I, 1900.
- 1597 **Rochester.** Geological Society of America (*Bulletin*). XIII, 1902
- 1575 — Rochester Academy of Sciences (*Proceedings*). IV, 1903.
- 3219 **São Paulo.** Museu São Paulo (*Revista*). V, 1902.
- 4005 **Stanford.** Leland Stanford Junior University (*Publications*). I, 1895 - XXX,
1903.
- 2023 **Topeka (Kansas).** Kansas Academy of Science (*Transactions*). XVIII, 1901-02.
- 2513 — The University Geological Survey of Kansas (*Volume*).
- 2569 — Board of Irrigation Survey and experiment (*Report*).
- 1261 **Trenton.** Geological Survey of New Jersey (*Ann. Report*). 1902.
- 3686 — *Volume*. 1903.
- Washington.** Geological Survey United States of America.
- 1292 — *Bulletin*. 1903.
- 1405 — *Monographs*. XLII-XLIII, 1903.
- 1406 — *Annual Reports*. XXII, 1900-1901 ; XXIII, 1901-1902.
- 1523 — *Mineral Resources*. 1901.
- 3492 — *Topographic sheets*.
- 1164 — Smithsonian Institution (*Annual Report*).
- 1163 — National Museum (*Report*). 1901.
- 3799 — *Bulletin*. L, 1901 : II.
- 3800 — *Proceedings*.
- 1795 — Department of Agriculture. United States of America (*Yearbook*).
1901.
- 1942 — The Microscope.
- 2515 — American Monthly microscopical Journal.

ASIE.

Tokio. Imperial University Japan.

- 1731 — *Journal*. XVII, 1902 : 7-12 ; XVIII, 1903 : 1, 3-4 ; XIX, 1903 : 1-2, 5-8, 10.
- 2689 — *Calendar*.
- Geological Survey of Japan.
- 2913 — *Cartes géologiques*.
- 2914 — — *agronomiques*.
- 2915 — — *topographiques*.

EUROPE.

ALLEMAGNE.

- 3423 **Aix-la-Chapelle.** Deutsches meteorologische Jahrbuch. VII, 1901.
Berlin. Königliche-preussische Akademie der Wissenschaften.
- 2090 — *Mathem. und Naturw. Mittheil.* (Ne paraît plus).
 2607 — *Sitzungsberichte.* 1903.
 — Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.
- 4101 — *Zeitschrift.* 1902, n° 7; 1903.
 4102 — *Verhandl.* (Ne paraît plus.)
- 2046 — Deutsche geologische Gesellschaft (*Zeitschrift*). LIV, 1902 : 3-4; LV, 1903 : 1-2.
- 3170 — Königlich-preussischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie (*Jahrbuch*). XXII, 1901 : 3
- 3312 — Zeitschrift für praktische Geologie. (Abonnement.) 1903.
Bonn. Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande, Westphalens und des Reg.-Bezirks Osnabrück.
- 1408 — *Verhandlungen.* LIX, 1902 : 2; LX, 1903 : 1.
 2405 — Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde (*Sitzungsberichte*). 1902 : 2; 1903 : 1.
- Dresde.** Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis in Dresden.
- 903 — *Sitzungsberichte und Abhandlungen.* 1902 : 2; 1903 : 1.
- 553 **Erfurt.** Königliche Akademie der Wissenschaften (*Jahrb.*).
Francfort-s/Mein. Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft.
- 1759 — *Abhandlungen.* XXIX, 1903 : 1.
 1960 — *Bericht.* 1903.
- 2071 **Fribourg-en-Brigau.** Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg I. B. (*Bericht*). XIII, 1903.
- 4105 **Giessen.** Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde (*Bericht*).
Göttingen. Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.
- 2111 — *Nachrichten* : Mathem.-phys. Klasse. 1903 : 1-5.
 2371 — *Abhandlungen.*
 2111b — *Geschäftliche Mittheilungen.* 1903 : 1.
- Halle.** Kaiserliche Leopoldin. Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher.
- 2098 — *Leopoldina.* XXXVIII, 1902.
 2098b — *Acta.* 1899-1902.
 2568 — Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft (*Zeitschrift für Elektrochemie*). 1903.

- 4021 **Leipzig.** Geologische Specialkarte des Königreichs Sachsen.
 — Vereins für Erdkunde.
 2608 — *Mittheilungen.* 1902.
 3171 — *Jahresbericht.*
 3220 — *Wissenschaftliche Veröffentlichungen*
 3310 — Geologisches Centralblatt. (Abonnement. III-IV, 1903.
Munich. Königliche-bayerische Akademie der Wissenschaften.
 2013 — *Sitzungsberichte.* 1902 : 3; 1903 : 1-3.
 2014 — *Abhandlungen.* XXI, 1900 : 1-2.
 1554 **Rostock.** Verein der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg (*Archiv*).
 1798 **Strasbourg.** Geologische Specialkarte von Elsass-Lothringen (*Abhandlungen*).

AUTRICHE-HONGRIE.

- Budapesth.** Königlich Ungarische geologische Anstalt.
 1012 — *Jahresbericht.* 1900.
 1013 — *Mittheilungen.* XIV, 1902 : 1.
 1014 — Ungarische geolog. Gesellschaft (*Földtani Közlöny*). XXXII, 10-12;
 XXXIII, 1903 : 1-9.
Cracovie. Académie des sciences.
 1041 — *Bulletin international.* 1902 : 8-10; 1903 : 1-9.
 1559 — *Rosprawy.* 1902.
 1600 — *Sprawozdanie.* XXXVI, 1902.
 2290 — Cartes géologiques de la Galicie.
 3647 **Laibach.** Die Erdbebenwarte. II, 1902 : 7-12; III, 1903 : 1-5.
Prague. Königlich-böhmische Gesellschaft der Wissenschaften.
 3308 — *Sitzungsberichte.* 1902.
 3309 — *Jahresbericht.* 1902.
Vienne. Kaiserlich-königliche Akademie der Wissenschaften.
 2021 — *Sitzungsberichte.* (Math.-Nat. Classe.)
 2022 — *Denkschriften.*
 2021b — Philos.-Histor. Classe.
 720 — Kaiserlich-königliches naturhistorisches Hofmuseum (*Annalen*).
 XVI, 1901; XVII, 1902.
 — Kaiserlich-königliche geologische Reichsanstalt.
 2259 — *Verhandlungen.* 1902 : 9-18; 1903 : 1. 5-15.
 2259b — *Jahrbuch.* LI, 1901 : 3-4; LII, 1902 : 1.
 2960 — Geologische Karte ($\frac{1}{75\,000}$). 8 feuilles.

BELGIQUE.

- 911 **Anvers.** Société royale de Géographie d'Anvers (*Bulletin*). XXVI, 1902 : 3-4; XXVII, 1903 : 1-2-3.
- Bruxelles.** Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique.
- 1181 — *Bulletin*. 1902 : 11-12; 1903 : 1-10.
- 1182 — *Annuaire*. 1903.
- 1891 — *Mémoires*.
- 1892 — *Mémoires couronnés et autres*. LXII, 1902 : 4; LXIII, 1903 : 1-7.
- 1892b — *Mémoires des Savants étrangers*. LX, 1902-LXII, 1903.
- 2209 — *Annales des Mines* (Ministère de l'Industrie et du Travail). VIII, 1903 : 1-3.
- 1340 — Association belge des Chimistes (*Bulletin*).
- 2095 — *Bulletin de l'Agriculture* (Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics). XIX, 1903 : 1-6.
- 1250 — *Annales des travaux publics* (Ministère de l'Agriculture). VIII, 1903.
- Ministère de l'Industrie et du Travail.
- 1890 — *Carte géologique au 40 000^e*. Livr. 13.
- 2454 — *Bibliographia geologica*. A. V-VII; B. VI.
- 980 — Ciel et Terre. XXIII, 1902 : 22-24; XXIV, 1903 : 1-24.
- 2096 — La Technologie sanitaire. VIII, 1902 : 12-24; IX, 1903 : 1-12.
- 3338 — Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique (*Mémoires*). II, 1903.
- 691 — *Bulletin*. (*Ne paraît plus.*)
- 371 — *Carte géologique au 20 000^e*. (*Ne paraît plus.*)
- Observatoire Royal.
- 1184 — *Annales*.
- 1161 — *Bulletin quotidien*. 1903.
- 1161b — *Bulletin mensuel*.
- 3073 — *Bulletin mensuel du magnétisme terrestre*. 1902 : 11-12; 1903 : 1-10.
- 1183 — *Annuaire météorologique*. 1903.
- 1183b — *Annuaire astronomique*. 1904.
- Société belge d'Astronomie.
- 2265 — *Bulletin*. VIII, 1903.
- 2266 — *Annuaire*. 1903.
- 2370 — *Bibliographia astronomica*.
- Société belge de Microscopie.
- 1471 — *Annales*.
- 1471b — *Bulletin*.

- Bruxelles.** Société belge des Ingénieurs et des Industriels.
- 2288 — *Rapport annuel.* 1899.
- 1797 — *Bulletin.*
- Société d'Archéologie de Bruxelles.
- 1619 — *Annuaire.* XIV, 1903.
- 1690 — *Annales.* XVI, 1902 : 3-4 ; XVII, 1903.
- 1042 — Société royale belge de Géographie (*Bulletin*). XXVI, 1902 : 6 ; XXVII, 1903 : 1-5.
- 2356 — Société d'études coloniales (*Bulletin*).
- Société royale de Médecine publique.
- 1825 — *Tablettes mensuelles.* 1902 : 12 ; 1903 : 1-11.
- 1826 — *Bulletin.* XIX, 1902 : 2 ; XX, 1903 : 1.
- 1168 — Société royale malacologique de Belgique (*Annales*). XXXVII, 1902.
- Société scientifique de Bruxelles.
- 1166 — *Revue des questions scientifiques.* III, 1903 : 1 ; IV, 1903.
- 1167 — *Annales.* XXV, 1900 : 3-4 ; XXVI, 1901 ; XXVII, 1902 : 1-3.
- 689 — Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (*Bull.*). XVI, 1902 : 4-5 ; XVII, 1903 : 1-4.
- 4061 — *Nouveaux mémoires*, fasc. I.
- 2687 — *Section permanente d'études du grisou (Procès-Verbaux).*
- 3005 — Chine et Sibérie.
- 2514 — Société d'anthropologie (*Bulletin*). XIX, 1900-1901.
- 3174 — Institut géographique de l'Université nouvelle (*Publications*). VIII, 1903.
- 3262 — Musée du Congo (*Annales*). 1903.
- 3264 — Cercle d'études des agronomes de l'État (*Bulletin*). 1903 : 6-8.
- 3287 — La Chronique des Travaux publics.
- 4270 — Index de la Presse technique, I, 1903 : 1-6 ; II, 1903 : 1-3.
- 4269 — Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (*Annales*). I, 1902 : 2.
- 2369 **Gembloux.** Institut chimique et bactériologique (*Bulletin*). 1903, n° 73.
- 519 **Huy.** Cercle des Naturalistes hutois (*Bulletin*). 1902 : 3-4 ; 1903 : 1-2.
- 1371 **Liège.** Société géologique de Belgique (*Annales*). XXIX, 1900 : 4 ; XXX, 1902 : 1.
- 4241 **Liège.** Liège-Exposition (*Journal*). 1903 : 1-41.
- 4060 **Mons.** Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut (*Mémoires*). 1870-1897, 1899-1902.

DANEMARK.

- 2108 **Copenhague** The Danish Biological Station (*Report*).
- 3742 — Dansk Geologisk Forening (*Meddelelser*). 1894-1901.

ESPAGNE.

Madrid. Comision del Mapa geologico de España.

2072 — *Boletín.* VII, 1900.

2072b — *Memorias.*

FRANCE.

Abbeville. Société d'Émulation.

981 — *Bulletin.* 1900-1902.

2264 — *Mémoires in-8°.* 1901.

2264b — — *in-4°.* 1902.

2821 **Aix-en-Provence.** Académie des Sciences, Agriculture, Arts et Belles-Lettres (*Mémoires*). XVIII, 1902.

2056 **Angers.** Société d'études scientifiques (*Bulletin*). XXXI, 1901.

2261 — Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts (*Mémoires*).

2010 **Autun.** Société d'Histoire naturelle (*Bulletin*). XV, 1902.

2664 **Béziers.** Société d'études des Sciences naturelles (*Bulletin*). XXIII, 1900; XXIV, 1901

2260 **Bordeaux.** Société Linnéenne (*Actes*). VII, 1902.

Caen. Société Linnéenne de Normandie.

1793 — *Bulletin.* V, 1901; VI, 1902

1793b — *Mémoires.*

2057 — Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres (*Mémoires*). 1902.

2262 **Carcassonne.** Société d'études scientifiques de l'Aude (*Bulletin*). XIII, 1902.

1832 **Evreux.** Société normande d'études préhistoriques (*Bulletin*). X, 1902.

2480 **Grenoble.** Société de statistique des Sciences naturelles et des Arts industriels de l'Isère (*Bulletin*). VI, 1902.

3307 — Travaux du laboratoire de Géologie de la Faculté des sciences de l'Université. VI, 1901-1902 : 2.

4239 **Laval.** Palaeontologia Universalis (*Abonnement*). Fasc. I (1903).

1326 **Le Havre.** Société géologique de Normandie (*Bulletin*).

Lille. Société géologique du Nord.

697 — *Annales.* XXX, 1901 : 4-5; XXXI, 1902.

697b — *Mémoires.*

2263 **Lyon.** Société d'Agriculture, d'Histoire naturelle, etc. (*Annales*). IX, 1901; X, 1902.

3491 **Montsouris.** Observatoire municipal. III, 1902 : 3-4; IV, 1903 : 1-2.

4236 **Nancy.** Société de Géographie de l'Est (*Bulletin*). 1879-1902; XXIV, 1903 : 1-3.

1749 **Nantes.** Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France (*Bulletin*). XII, 1902 : 2-4; XIII, 1903 : 1-2.

Paris. Académie des Sciences.

- 2017 — *Mém. sav. étrang.*
 2018 — *Mémoires.*
 2019 — *Mém. Pass. Vénus.*
 2020 — *Comptes rendus des séances.* CXXXVI, 1903; CXXXVII, 1903.
 2009 — *Annales des Mines.* 1902 : 10-12; III, 1903 : 7-10.
 534 — *Feuille des Jeunes Naturalistes.* 1903-1904, nos 386-399.
 534b **Paris.** *Catalogue.*
 1967 — *Muséum d'Histoire naturelle (Bulletin).* 1902 : 5-8; 1903 : 1-4.
 1818 — *Service de la Carte géologique détaillée de la France (Bulletin).* XII, 1900 : 83-86; XIII, 1901 : 87-91; XIV, 1902 : 92-93.
 — *Société de Géographie.*
 2043 — *Comptes rendus des séances.*
 2044 — *Bulletin.* VII, 1903 : 1-6; VIII, 1903 : 1-5.
 1197 — *Société d'Hydrologie médicale (Annales d'Hydrologie).* VII, 1902 : 12; VIII, 1903 : 1-11.
 2045 — *Société française de Minéralogie (Bulletin).* XXV, 1902; XXVI, 1903 : 1-6.
 — *Société géologique de France.*
 1290 — *Bulletin.* II, 1902 : 2-4; III, 1903.
 1290b — *Compte rendu sommaire des séances.*
 — *Société de Spéléologie.*
 2148 — *Bulletin (Spelunca).*
 2191 — *Mémoires.*
 2793 — *Revue critique de Paléozoologie.* VII, 1902.
 2856 — *Écho des mines et de la métallurgie.* XXX, 1903.
 3263 — *École d'anthropologie (Revue).* XIII, 1903.
 3389 — *Journal du Pétrole.* 1903.
 — *Société des Ingénieurs civils de France.*
 3424 — *Bulletin.* 1902 : 11-12; 1903 : 1-10.
 3425 — *Procès-Verbaux.* 1901 : 1-20.
 3426 — *Annuaire.* 1903.
 3615 — *Annales de Géographie.* 1901 ; 1902; XII, 1903, nos 61-65.
 4237 — *La Revue technique.* XXIV, 1903.
 4238 — *Société d'anthropologie (Bulletin).* 1890-1902; IV, 1903 : 1-3.
 3688 **Rennes.** *Société scientifique et médicale de l'Ouest (Bulletin).* XI, 1902 : 3-4; XII, 1903 : 1-2.

Saint-Étienne. Société de l'Industrie minérale.

- 2041 — *Comptes rendus des séances.* 1903.
 2042 — *Bulletin et atlas.* I, 1902 : 4; II, 1903 : 1-4.

Toulouse. Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres.

- 2058 — *Bulletin et Mémoires.* II, 1902.

GRANDE-BRETAGNE.

- 3739 **Edinburgh.** Scottish geographical Society (*Magazine*). XIX, 1903.
- 1968 **London.** Geologist's Association (*Proceedings*). XVII, 1901 : 9-10; XVIII, 1902 : 1-3.
 — Geological Society of London.
- 1010 — *Quarterly Journal*. LIX, 1903.
- 2288 — *Geological Literature*. 1902.
- 1450 — Geological Survey of the United Kingdom (*Memoirs*). 1900; 1902; 1903.
- London.** Royal Society of London.
- 2048 — *Proceedings*. LXXI, 1902, nos 470-476; LXXII, 1903, nos 477-486.
- 2545 — *Year-Book*.
- 2690 — The Colliery Guardian. Nos 2192-2243.
- 2995 — The geological Magazine. X, 1903.
- 3422 — British Association for the Advancement of Science (*Report*). 1091-1902. (Don de M. l'ingénieur A. Gobert.)
- 3798 — Nature. LXVII, 1903; LXVIII, 1903.
- 3933 — Zoological Society (*Proceedings*). 1902; 1903 : 1.
- 3934 — *Transactions*. XVI, 1902 : 1-7.
- 4155 — Royal Geographical Society (*The geographical Journal*). XIX, 1849-XXII, 1852; XXVI, 1856-XLIV, 1874; XLVI, 1876-L, 1880; XXI, 1903 : 12; XXII, 1903.
- 4158 — *Proceedings*. I, 1879-XIV, 1892.
- Newcastle.** North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers.
- 2665 — *Transactions*. LI, 1901 : 5-6; LII, 1902; LIII, 1903 : 1.
- 2666 — *Annual Report*. 1902-1903.
- 2040 **Plymouth.** Marine Biological Association of the United Kingdom (*Journal*). VI, 1902 : 4.

ITALIE.

- 4107 **Acireale.** Accademia di Scienze de gli Zelanti (*Atti e Rendiconti*). 1896-1901.
- 4106 **Bologne.** Rivista Italiana di Paleontologia. VIII, 1902; IX, 1903.
- Catane.** Accademia Gioenia di Scienze Naturali.
- 026 — *Atti*. XV, 1902.
- 2289 — *Bollettino*. 1903, nos 76-78.
- Milan.** Societa italiana di Scienze naturali e Museo civico di storia naturale in Milano.
- 1989 — *Atti*. XLI, 1901 : 4; XLII, 1903 : 1-3.
- 1989b — *Memorie*.

- Naples.** Società reale di Napoli (Reale Accademia di Scienze fisiche e matematiche).
- 2012 — *Atti*. XI, 1902.
- 2011 — *Rendiconto*. VIII, 1902 : 8-12; IX, 1903 : 1-7.
- 837 — Società africana d'Italia (*Bollettino*). XXI, 1902 : 7-12.
- Pise.** Società toscana di Scienze naturali.
- 2054 — *Procès-Verbaux*. 1902.
- 2055 — *Mémoires*. XIX, 1903.
- 343 **Rome.** Carte géologique d'Italie.
- 319 — Office météorologique (*Bulletin*).
- 293 — Reale Comitato Geologico d'Italia (*Bollettino*). XXXIII, 1902 : 3-4; XXXIV, 1903 : 1-2.
- Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei.
- 3086 — *Memorie*. XIX, 1902-XXI, 1903.
- 3087 — *Atti*. LVI, 1902 : 1-7.
- 2254 — Società geologica italiana (*Bollettino*). XXI, 1902.
- 1797 **Rome et Modène.** Società sismologica d'Italia (*Bollettino*). VIII, 1902 : 6-10.
- 2255 **Turin.** Accademia delle Scienze di Torino (*Atti*). XXXVIII, 1902 : 1-15.

NÉERLANDE.

- Amsterdam.** Koninklijke Akademie van Wetenschappen.
- 2037 — *Verhandelingen*. IX, 1902 : 1-9.
- 2038 — *Verstagen*. XI, 1902-1903.
- 2039 — *Jaarboek*. 1902.
- 224 **Haarlem.** Musée Teyler (*Archives*). VIII, 1902-1903.
- 2024 **Leide.** Geolog. Leide Museum (*Sammlung*). 1902.

NORVÈGE.

- Bergen.** Bergens Museum.
- 2287 — *Aarbog*. 1903 : 1-2.
- 2267 — *Mémoires*.
- 2836 — *Report*.
- 3288 — *Aarsberetning*. 1902.

PÉNINSULE BALKANIQUE.

- 1966 **Belgrade.** Annales géologiques de la Péninsule balkanique. VI, 1903 : 1.

PORTUGAL.

- 530 **Lisbonne.** Comissão dos Trabalhos Geologicos de Portugal.
- 1160 **Porto.** Sociedade Carlo Ribeiro (Revista de Sciencias naturais e sociaes).

ROUMANIE.

- 2372 **Bucharest.** Bureau géologique (*Harta geologica generala*).
 2678 — Museului de Geologia (*Anuarul*).
 3172 — Institut météorologique de Roumanie (*Annales*).
 4156 **Jassy.** Annales scientifiques de l'Université, 1900-1903.

RUSSIE et FINLANDE.

- 1596 **Helsingfors.** Société de Géographie de Finlande (*Bulletin*).
 2961 — Commission géologique de la Finlande (*Bulletin*). XIV, 1903.
 864 **Kiew.** Société des Naturalistes (*Mémoires*). XVII, 1900 : 2.
Moscou. Société Impériale des Naturalistes.
 2256 — *Bulletin*. 1903 : 1.
 3173 — *Nouveaux mémoires*.
Saint-Pétersbourg. Académie impériale des Sciences.
 1889 — *Bulletin*.
 1889b — *Mémoires*. 1901-1903.
 — Comité géologique de Russie.
 840 — *Bulletin*. XX, 1901 : 7-10; XXI, 1902 : 1-10.
 840b — *Bibliothèque géologique de la Russie* (suppl. au Bull.).
 889 — *Mémoires*. XIX, 1902 : 1 ; XX, 1902 : 1-2 ; 1903 : 1-2-4.
 842 — Russ.-kaiserl. mineralog. Gesellschaft (*Verhandl.*).
 XL, 1902 : 1-2.
 843 — Matériaux pour servir à la géologie de la Russie. XXI,
 1903 : 1.
 2192 — Section géologique du cabinet de S. M. l'Empereur
 (*Travaux*). V, 1902.
 — Société impériale des Naturalistes de Saint-Pétersbourg.
 990 — *Comptes rendus des séances*. XXXIII, 1902 : 2-8 ; XXXIV,
 1903 : 1-3.
 990b — *Section de géologie et de minéralogie*. XXXI, 1903.

SUÈDE.

- 1970 **Lund.** Universitas Lundensis (*Acta*). XXXVII, 1901.
Stockholm. Konglig. svenska vetenskap Akademie.
 1223 — *Bihang*.
 1224 — *Ofversigt*.
 1222 — *Handlingar*. XXVIII, 1903.
 2092 **Upsal.** University of Upsala Geol. Inst. (*Bulletin*) 1901.

SUISSE.

- 4240 **Fribourg.** Société des Sciences naturelles (*Mémoires*). I, 1900; II, 1901-1902.
 688 **Lausanne.** Société géologique suisse (*Eclogæ geol. Helv.*) (*Mittheil.*).
 1100 — Musée d'Histoire naturelle (*Rapport annuel*).
 2269 — Société vaudoise des Sciences naturelles (*Bulletin*). XXXVIII, 1902, nos 144-145; XXXIX, 1903, nos 146-147.
 2093 **Zurich.** Naturforsch. Gesellschaft in Zurich (*Vierteljahrsschrift*).

TURQUIE.

- 1971 **Constantinople.** Observatoire impérial (*Bulletin*).

OCÉANIE.

NOUVELLE-GALLES DU SUD.

Sydney. Australian Museum.

- 1601 — *Reports*.
 1664 — *Records*. V, 1901 : 1.
 982 — Department of Mines and Agriculture (*Ann. Report*). 1903.
 — Geological Survey of New South Wales.
 642. — *Records*. 1903.
 983 — *Mémoires*. 1903.
 983b — *Mineral Resources*. 1900.
 2268 — Australian Mining Standard. XXI, 1902; nos 734-750; XXIX, 1903, nos 751-763; XXX, 1903, nos 764-790.

VICTORIA.

- 235 **Melbourne.** Secretary of Mines (*Ann. Report*). 1902.
 1438 — Zoology of Victoria (*Prodromus*).
 2667 — Geological Survey of Victoria (*Progress Report*).
 2667b — *Records*. I, 1901-1902 : 1-2.
 2267^{ter} — *Memoirs*. 1903 : 2.
 4271 — *Bulletins*. 1903 : 1-8.
 3336 — Royal Society of Victoria (*Proceedings*). XVI, 1903 : 1.



INDEX ALPHABÉTIQUE

DES

LOCALITÉS BELGES

AU SUJET DESQUELLES LE PRÉSENT VOLUME FOURNIT DES

RENSEIGNEMENTS GÉOLOGIQUES, PALÉONTOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

DRESSÉ PAR

L. DEVAIVRE

Bibliothécaire de la Société.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = Figure dans le texte (1).

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
A	
Adinkerke	<i>Mém.</i> 307, 6 .
Aiseau	<i>Pr.-Verb.</i> 431, 4 .
Alost	<i>Pr.-Verb.</i> 140-141, 6 , p. a. — <i>Mém.</i> 104, 1 ; 111, 113, 3 ; 114, 1 , 3* , 6 ; 145-153, 1 , 2 , 3 , 4 , 6 ; 300, 6 ; 404, 3 .
Alveringhem	<i>Mém.</i> 309, 6 .

(1) Les chiffres précédés des mentions *Pr.-Verb.* et *Mém.*, qui accompagnent les noms des localités, indiquent respectivement la pagination des Procès-Verbaux et celle des Mémoires. Les chiffres gras et les signes divers qui suivent correspondent à une classification des matières ainsi établie : **1** = Terrain éruptif et Terrain primaire; **2** = Terrain secondaire; **3** = Terrain tertiaire; **4** = Terrain quaternaire et moderne. Le chiffre gras **5** indique que le texte fournit des données relatives aux phénomènes géologiques, le chiffre **6** signifie qu'il donne des renseignements hydrologiques. Lorsque les renseignements fournis proviennent d'une coupe de puits artésien, ces derniers chiffres sont suivis du signe p. a. Les localités pour lesquelles sont citées des sources minérales sont indiquées par le signe s. m. L'astérisque * accompagnant un chiffre gras indique la présence de liste de fossiles ou de renseignements paléontologiques quelconques. *Fig.* signifie : figure dans le texte. *Pl.* : Planche à la fin du volume.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Anvers Asch Assche Assebrouck Audenarde Austruweel Avecappelle	<i>Pr.-Verb.</i> 104, 3 ; 105, 4 ; 191, 4* . — <i>Mém.</i> 117, 3* ; 300, 313, 314, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 572, 1 . <i>Mém.</i> 484-485, 3* . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 404, 3 . <i>Mém.</i> 304, 6 . <i>Mém.</i> 306, 6 .
B	
Bailleul Beeringen Beernem Beerst <i>Belgique (basse)</i> <i>Belgique (moyenne)</i> <i>Belgique (haute)</i> Beveren Biesen-Ven Binche Bixschoote Blankenberghe Blaton Boesinghe Boitsfort Boitshoucke Bovekerke Breedene Brielen Bruxelles Bulscamp Burght	<i>Mém.</i> 404, 3 . <i>Pr.-Verb.</i> 229, 2, 3 ; 234, 6 ; 326, 570, 573, 1 . — <i>Mém.</i> 38, 1, 2 . <i>Mém.</i> 112, 404-405, 3* . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 90-91, 93, 4, 5, 6 . <i>Mém.</i> 94, 5, 6 . <i>Mém.</i> 93-94, 4 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 179, 2 ; 470, 1, 2 . <i>Mém.</i> 402-403, 3 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 84, 3 , 85, 4, 5 ; 306, 311, 6 ; 404, 3 . <i>Mém.</i> 468-469, 3* . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 312, 6 . <i>Mém.</i> 306, 6 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 305, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 422-424, 1, 2, 3, 4, 6 , p. a. — <i>Mém.</i> 314- 315, 6 . <i>Mém.</i> 306, 6 . <i>Mém.</i> 302, 6 .
C	
Caeskerke	<i>Mém.</i> 305, 6 .

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; 2 = T. secondaire; 3 = T. tertiaire; 4 = T. quaternaire et moderne; 5 = Phénomènes géologiques; 6 = Hydrologie; p. a = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Calevoet Calloo <i>Campine (La)</i> Casterlé Chaleux Chereq Ciply Clemskerke Clercken Coalkerke Coeckelaere Coursel Courtrai Couvin Coxyde Crambeke Cuesmes	<i>Mém.</i> 476-481, fig. 3*. <i>Mém.</i> 304, 6. <i>Pr.-Verb.</i> 44-46, 3; 46, 1; 48-51, 1, 5; 50, 3; 130, 5; 155-159, 1, 2, 3, 4, 5, 6; 171-172, 1; 173-178, 1, 2; 179-180, 2; 226-234, 1, 2, 3, 4, 6; 324-335, 1; 469-474, 1, 2, 5; 479-485, 1, 2, 3, 4, 6; 568-576, 1. <i>Mém.</i> 35-44, fig. 1, 2. <i>Pr.-Verb.</i> 104, 3. <i>Pr.-Verb.</i> 70-71, 6. <i>Mém.</i> 463-468, fig. 1, 2*, 3*, 4. <i>Mém.</i> 435-443, fig. 3; 444-448, 3*; 449-450, fig. 2, 3. <i>Mém.</i> 305, 6. <i>Mém.</i> 308, 6. <i>Mém.</i> 304, 6 <i>Mém.</i> 307, 6. <i>Pr.-Verb.</i> 480, 1, 3. <i>Mém.</i> 112, 3*; 404, 3. <i>Pr.-Verb.</i> 579-585, fig. 1*. <i>Mém.</i> 307, 6. <i>Mém.</i> 308, 6. <i>Pr.-Verb.</i> 185, 2, 3, 4, p. a. — <i>Mém.</i> 432-434, fig. 3.
D	
Damme Denderleeuw Deynze Dixmude Doel Donderslag Dottignies Dottignies-Saint-Léger Dudzele	<i>Mém.</i> 304, 6. <i>Mém.</i> 111, 3, 6; 149, 6. <i>Mém.</i> 404, 3. <i>Mém.</i> 298, 308, 311, 6. <i>Mém.</i> 304, 6. <i>Pr.-Verb.</i> 155-156, 1, 2. — <i>Mém.</i> 38, 1, 2. <i>Mém.</i> 404, 3. <i>Mém.</i> 113, 3. <i>Mém.</i> 304, 6.
E	
Eelen Eerneghem	<i>Pr.-Verb.</i> 155-156, 2; 175-176, 1. — <i>Mém.</i> 38, 2. <i>Mém.</i> 307, 6.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Eessen Eggewaertscappelle Engis Erquelinnes Estaimbourg Ettelghem Eysden	<i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 306, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 614-615, 1 . — <i>Mém.</i> 545-548, fig. 1 . <i>Pr.-Verb.</i> 193-194, 3* . — <i>Mém.</i> 385-394, 3* ; 402, 407, 409, 440, 446, 3 . <i>Mém.</i> 404, 3 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 325, 571, 1 .
F	
Flobecq Furfooz Furnes	<i>Mém.</i> 113, 404, 3 . <i>Pr.-Verb.</i> 70-71, 6 . — <i>Mém.</i> 119-141, fig. 6 . <i>Mém.</i> 298, 306, 6 .
G	
Gand Genck Gheel Ghistelles Ghyverinchove Gits Glaireuse Gobertange Grammont Grand-Coo Grandglise Grand-Reng Gruitrode	<i>Mém.</i> 111, 404-405, 3* . <i>Pr.-Verb.</i> 157-159, 1, 2, 3, 4 . <i>Pr.-Verb.</i> 573, 1 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 309, 6 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 125, 1* . <i>Mém.</i> 482, 3 . <i>Mém.</i> 404, 3 . <i>Pr.-Verb.</i> 566-568, 1 . — <i>Mém.</i> 549-559, fig. 1 . <i>Mém.</i> 469, 3 . <i>Pr.-Verb.</i> 194-195, 3* . — <i>Mém.</i> 394-395, 402, 440 3 430-431, 3* . <i>Pr.-Verb.</i> 155-156, 2 . — <i>Mém.</i> 38, 2 .
H	
Handzaeme Hautrage Hemixem Heyst Hoboken Hoesselt	<i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 473-475, fig. 1, 3, 4 . <i>Pr.-Verb.</i> 105, 3 . <i>Mém.</i> 84, 3 ; 85, 4, 5 ; 306, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 105, 191, 4* . <i>Pr.-Verb.</i> 480, 1, 2 . — <i>Mém.</i> 36, 1, 2 .

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Hoogstade Houcke Houthem Houttave Hulsonniaux Hyon-Ciply	<i>Mém.</i> 309, 6 . <i>Mém.</i> 304, 6 . <i>Mém.</i> 309, 6 . <i>Mém.</i> 305, 6 . <i>Mém.</i> 119-141, fig. 6 . <i>Mém.</i> 434-435, fig. 3 .
I	
Ichteghem Isenberghe	<i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 309, 6 .
J	
Jabbeke Jauche	<i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 400, fig. 3 .
K	
Kessel Keyem Kieldrecht Knocke	<i>Pr.-Verb.</i> 155, 326-328, 1 ; 480, 1 , 2 , 3 ; 569, 1 ; — <i>Mém.</i> 36, 1 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 304, 6 . <i>Mém.</i> 84, 3 ; 85, 3 , 4 ; 300, 6 .
L	
Laeken Lampernisse Lanaeken Landen Lanklaer	<i>Pr.-Verb.</i> 189, 4 *. <i>Mém.</i> 305, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 480-481, 1 , 2 , 6 . — <i>Mém.</i> 36, 1 . <i>Mém.</i> 397-398, fig. 401, 407, 409, 416, 3 . <i>Pr.-Verb.</i> 229, 3 ; 234, 6 ; 325, 1 ; 480-481, 3 , 4 , 6 ; 571, 1 .
Langemarck La Panne Lapscheure Léau Le Coq Leffinghe Leke Leuth Leval-Trahegnies	<i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 85, 4 , 5 . <i>Mém.</i> 304, 6 . <i>Mém.</i> 397-399, 401, 3 . <i>Mém.</i> 85, 4 , 5 ; 300, 6 . <i>Mém.</i> 305, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 481, 2 , 3 , 6 . <i>Mém.</i> 417-430, fig. 2 , 3 .

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS ET LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS
	FOURNIS PAR LE TEXTE.
Leysele	<i>Mém.</i> 309, 6 .
Lichtervelde	<i>Mém.</i> 307, 6 ; 404, 3 .
Liedekerke	<i>Pr.-Verb.</i> 191, 4* . — <i>Mém.</i> 111, 3, 6 ; 149, 6 .
Lierre	<i>Pr.-Verb.</i> 105, 191, 4* .
Lillo	<i>Mém.</i> 304, 6 .
Lisseweghe	<i>Mém.</i> 304, 6 .
Littoral (<i>Le</i>)	<i>Mém.</i> 84-90, 4, 5, 6 ; 84, 3* ; 92, 4 . — <i>Mém.</i> 297, 6 .
Lombartzyde	<i>Mém.</i> 306, 6 .
Loo	<i>Mém.</i> 305, 6 .
Looz	<i>Mém.</i> 400, fig. 3 .
M	
Maffles	<i>Pr.-Verb.</i> 431, 4 .
Malines	<i>Pr.-Verb.</i> 329, 1 . — <i>Mém.</i> 115, 3* .
Mannekensvere	<i>Mém.</i> 305, 6 .
Marche	<i>Mém.</i> 83, 5 .
Marches-les-Dames	<i>Pr.-Verb.</i> 139, 5 .
Mariakerke lez-Gand	<i>Mém.</i> 404, 3 .
Meerdonck	<i>Mém.</i> 304, 6 .
Meerhout	<i>Pr.-Verb.</i> 229, 3 ; 234, 6 .
Meeswyck	<i>Pr.-Verb.</i> 481, 2, 6 .
Menin	<i>Pr.-Verb.</i> 370-373, fig. 1 . — <i>Mém.</i> 404, 3 .
Meeuwen	<i>Pr.-Verb.</i> 155-156, 229, 2 . — <i>Mém.</i> 38, 2 .
Merxplas	<i>Mém.</i> 310, 6 .
Middelbourg	<i>Mém.</i> 307, 6 .
Middelkerke	<i>Mém.</i> 85, 4, 5 ; 306, 6 .
Moere	<i>Mém.</i> 307, 6 .
Moeres	<i>Mém.</i> 306, 6 .
Moerkerke	<i>Mém.</i> 307, 6 .
Mons	<i>Pr.-Verb.</i> 186-188, 2, 3, 4 , p. a. — <i>Mém.</i> 115, 416, 3 .
Mouscron	<i>Mém.</i> 404, 3 .
N	
Namur	<i>Mém.</i> 83, 5 .
Nieucappelle	<i>Mém.</i> 305, 6 .
Nieuport	<i>Mém.</i> 85, 4, 5 ; 306, 6 .
Nieuwmunster	<i>Mém.</i> 305, 6 .
Ninove	<i>Mém.</i> 111, 3, 6 ; 149, 6 ; 404, 3 .

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS ET LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Noordschoote Norderwyck	<i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 479-481, 2, 3, 6 .
O	
Oeren	<i>Mém.</i> 309, 6 .
Oignies-Aiseau	<i>Pr.-Verb.</i> 576-577, 1* . — <i>Mém.</i> 539-544, fig. 1* .
Oost-Dunkerke	<i>Mém.</i> 307, 6 .
Oostkerke	<i>Mém.</i> 304-306, 6 .
Op Glabbeek	<i>Pr.-Verb.</i> 155-156, 2 — <i>Mém.</i> 38, 2 .
Op Grimby	<i>Pr.-Verb.</i> 604, 6 .
Orp-le-Grand	<i>Mém.</i> 397, 3 .
Orsmael	<i>Mém.</i> 401-402, 3* .
Ostende	<i>Mém.</i> 83, 5 ; 84, 3 ; 85, 4, 5 ; 112, 3* ; 113-114, 3, 6 ; 298, 306, 309-310, 6 ; 404-405, 3* .
Oudecapelle	<i>Mém.</i> 305, 6 .
Oudenbourg	<i>Mém.</i> 298, 307, 6 .
P	
Pervyse	<i>Mém.</i> 306, 6 .
Perwez	<i>Mém.</i> 397-398, fig.; 401, 3 .
Pollinchove	<i>Mém.</i> 309, 6 .
Proven	<i>Mém.</i> 308, 6 .
Q	
Quenast	<i>Pr.-Verb.</i> 195-197, 4* . — <i>Mém.</i> 45-56, 1, 5 .
R	
Ramscappelle	<i>Mém.</i> 304-306, 6 .
Renaix	<i>Mém.</i> 113, 115, 404, 3 .
Reninghe	<i>Mém.</i> 308, 6 .
Ronsbrugghe-Haringhe	<i>Mém.</i> 308, 6 .
Roulers	<i>Mém.</i> 83, 5 ; 404, 3 .
Roxem	<i>Mém.</i> 307, 6 .
Rupelmonde	<i>Pr.-Verb.</i> 105, 3 .
Ruysbroeck	<i>Mém.</i> 313, 6 .
S	
Saint-Georges	<i>Mém.</i> 305, 6 .
Saint-Gilles	<i>Mém.</i> 489, 3* .

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; 2 = T. secondaire; 3 = T. tertiaire; 4 = T. quaternaire et moderne; 5 = Phénomènes géologiques; 6 = Hydrologie; p. a = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS ET LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Saint-Jacques-Cappelle Saint-Jean Saint-Jean-in-Eremo Saint-Nicolas Saint-Pierre-Cappelle Saint-Ricquiers Saint-Symphorien Saint-Trond Sainte-Marguerite Santhoven Schoore Slype Snaeskerke Soignies Spiennes Staden Stalhille Stambruges Stavele Steene Steenkerke Stuyvekenskerke	<i>Mém.</i> 305, 6. <i>Mém.</i> 308, 6. <i>Mém.</i> 304, 6. <i>Pr.-Verb.</i> 105, 3. <i>Mém.</i> 305, 6. <i>Mém.</i> 309, 6. <i>Mém.</i> 456-461, fig. 2, 3, 4; 461-462, 3*. <i>Mém.</i> 397-398, fig. 401, 3. <i>Mém.</i> 304, 6. <i>Pr.-Verb.</i> 325, 1; 480-481, 3, 6; 569-570, 1. — <i>Mém.</i> 40-43, 1. <i>Mém.</i> 305, 6. <i>Mém.</i> 305, 6. <i>Mém.</i> 305, 6. <i>Pr.-Verb.</i> 191, 196, 4*. — <i>Mém.</i> 74, 4*. <i>Mém.</i> 74, 77-78, 451-455, fig. 4. <i>Mém.</i> 307, 6. <i>Mém.</i> 305, 6. <i>Mém.</i> 469-472, fig. 3. <i>Mém.</i> 308, 6. <i>Mém.</i> 305, 6. <i>Mém.</i> 306, 6. <i>Mém.</i> 306, 6.
T	<i>Mém.</i> 307, 6. <i>Mém.</i> 399, fig. 401, 411, 416, 3. <i>Mém.</i> 104, 1. <i>Pr.-Verb.</i> 104, 3.
U	
Ucele Uytkerke	<i>Pr.-Verb.</i> 644-645, 3*. — <i>Mém.</i> 106, 116, 3; 483-492, 3, 3*. <i>Mém.</i> 305, 6.
V	
Vellereille-le-Sec Villers-Saint-Ghislain Vilvorde Vincken	<i>Mém.</i> 403, 3. <i>Mém.</i> 403, 3. <i>Pr.-Verb.</i> 415-418, 6. <i>Mém.</i> 309, 6.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS ET LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Vladsloo Vlimmeren Vlissegheem	<i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 328, 569-570, 1 . <i>Mém.</i> 305, 6 .
W	
Watervliet Watou Wavre Wemmel Wenduyne Wercken Westcappelle Westende Westerloo	<i>Mém.</i> 304, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 399, fig. 401, 3 . <i>Mém.</i> 487, 3* . <i>Mém.</i> 84, 3* ; 85, 4, 5 ; 306, 6 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 304, 6 . <i>Mém.</i> 306, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 229, 3 ; 234, 6 ; 326, 1 ; 479-480. 3 . — <i>Mém.</i> 416-417, 3* .
Westkerke Westoutre West-Vleteren Wetteren Wilskerke Woumen Wulpen Wulveringham Wyschaete	<i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 404, 3 . <i>Mém.</i> 305, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 306, 6 . <i>Mém.</i> 309, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 .
Z	
Zande Zandvoorde Zarren Zeelhem Zerkeghem Zevécote Zillebeke Zoetenaye Zolder Zonnebeke Zuyschoote Zuyenkerke Zwyndrecht	<i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 305, 6 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 234, 6 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 307, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 306, 6 . <i>Pr.-Verb.</i> 228, 3 ; 234, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 308, 6 . <i>Mém.</i> 305, 6 . <i>Mém.</i> 302, 304, 6 .

TABLE DES PLANCHES.

PLANCHE A DES PROCÈS-VERBAUX.

Baron O. van Erthorn. — Le compresseur à air et le volcan.

PLANCHE B DES PROCÈS-VERBAUX.

F. Marboutin. — Diagramme des expériences du 29 mai 1903 sur la propagation des eaux courantes effectuées dans le ruisseau « Le Dhuy » affluent du Loviet.

PLANCHE I DES MÉMOIRES.

J. Kersten. — Première carte donnant l'allure hypothétique du terrain houiller en Campine.

PLANCHE II.

J. Kersten. — Deuxième carte donnant l'allure hypothétique du terrain houiller en Campine.

PLANCHE III.

E. Van den Broeck et E. Rahir. — Carte des massifs de Furfooz et de Chaleux.

PLANCHE IV.

Portrait de Charles de la Vallée-Poussin.

PLANCHE V.

Baron O. van Erthorn. — Carte géologique de la province d'Anvers et du Limbourg au Nord du Démer.

PLANCHE VI.

X. Stainier. — Coupes prises dans des bouvoux des étages de 250 et 320 mètres des puits nos 14 et 5 de Monceau-Fontaine et d'Oignies-Aiseau.

PLANCHE VII.

E. Harzé. — Coupe horizontale du gisement métallique d'Engis (Nouvelle Montagne) établi au niveau de la galerie principale d'écoulement vers la Meuse (côte approximative, 10 mètres).

PLANCHE VIII.

E. Harzé. — Coupe transversale du gisement métallique d'Engis (Nouvelle Montagne) perpendiculaire au plan de contact du Houiller avec le Calcaire carbonifère, passant par la racine Est du gisement.

TABLE DES MATIÈRES

DES

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

DISPOSÉES SYSTÉMATIQUEMENT

ET PAR ORDRE DE CHRONOLOGIE GÉOLOGIQUE

PAR

L. DEVAIVRE
Bibliothécaire de la Société.

Géologie et paléontologie générale.

	PR.-VERB. Pages	Mém. Pages (1)
F. Fouqué. <i>Les analyses en bloc des roches éruptives et leur interprétation</i>		81
E. Van den Broeck. <i>Paleontologia universalis. Quelques considérations au sujet des conditions d'abonnement</i>		135
P.-H. Fritel. <i>Paléontologie (24^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>		161
A. de Lapparent. <i>Abrégé de géologie</i>		162
Commandant O. Barré. <i>L'architecture du sol de la France, essai de géographie tectonique</i>		565
M. Mourlon. <i>Bibliographia geologica. Avancement de l'œuvre et referendum au sujet du mode de publication</i>		452

Nota. — Les communications dont les titres sont imprimés en italiques représentent des articles inclus dans le *Bulletin bibliographique* annexé aux Procès-Verbaux des séances, et les titres imprimés en petits caractères correspondent aux articles de la rubrique : *Nouvelles et Informations diverses*. — Lorsqu'un titre se rapporte à la fois à plusieurs des vingt et une rubriques de cette table, il se trouve indistinctement reproduit dans chacune d'elles.

(1) Les chiffres gras entre parenthèses indiquent la pagination des « Traductions et Reproductions ».

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
E. Van den Broeck. Le referendum sur le mode de publication de la Bibliographia geologica	454	
Mellard Reade. <i>The evolution of earthstructure</i>	595	
M. Murlon. Compte rendu sommaire de la IX ^e session du Congrès géologique international qui s'est tenu à Vienne, en août 1903	635	
Karl A. von Zittel. <i>Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie).</i> <i>I. Abteilung. Invertebrata.</i>	657	
Montessus de Ballore. Loi générale de la répartition des régions sismiques installées à la surface du globe	670	
F. de Montessus de Ballore. Essai sur le rôle sismogénique des principaux accidents géologiques		(49)

Phénomènes géologiques. (Volcanisme et sismicité exceptés.)

Jacob. <i>Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique.</i>	58	
F. Villain. <i>Société industrielle de l'Est. La houille en Lorraine.</i> . . .	64	
Dégagement désastreux d'eau chaude au Sseu-tch'ouan	64	
Capitaine Rabozée. Résumé du travail de M. W. Spring intitulé : Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que sur son tassement	72	
T. H. Holland. <i>Sur la composition, l'origine et la déshydratation de la latérite</i>	77	
Une mine de cuivre soluble	90	
D^r H. Schardt. Avalanche du glacier du Rossboden (Simplon)	90	
Baron O. van Erthorn. Quelques mots au sujet des terrains quaternaires	99	
M. Leriche. <i>Unité du bassin franco-belge pendant l'Ypresien.</i>	119	
R. Bradfer. Le tuf humique ou ortstein aux points de vue géologique et forestier	139	267
Charles Rabot. Le désastre de Tuamotu	214	
Texte du programme général de l'enquête relative aux phénomènes géophysiques de l'année 1902, élaboré par le Comité des délégués des Sociétés belges de Géologie et d'Astronomie	220	
Rogers et Schwarz. <i>Une période glaciaire pendant l'époque devonienne dans l'Afrique du Sud.</i>	310	
Hans Reusch. <i>La structure géologique du Telemarken</i>	341	
Commandant O. Barré. <i>L'architecture du sol de la France, essai de géographie tectonique.</i>	365	
X. Stainier. Sur les anciennes recherches de terrain houiller à Menin	369	
J. Lorté. L'unité proposée de la période glaciaire (analyse par M. le Baron van Erthorn)	414	

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
Prof ^r Dr J. Reinke . <i>Origine et développement des dunes sur la côte occidentale du Schleswig</i>	519	
Mellard Reade . <i>The evolution of earthstructure</i>	595	
Amérique. Le lac bouillant de l'île Dominique	599	
Fantaisies géologiques	603	
É. Harzé . Une grotte dans le Calcaire carbonifère, à plus de 200 mètres de profondeur (planches VII et VIII).	614	545
J. Girard . <i>L'évolution comparée des sables</i>	667	
W. Spring . Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que sur son tassement.		13
G. Simoens . L'âge du volcan de Quenast et l'influence des lignes tectoniques du Brabant sur l'allure des sédiments houillers du Nord de la Belgique		45
F. Dienert . Contribution à l'étude des courants souterrains au moyen de la boussole et des courants électro-magnétiques		501
X. Stainier . Découverte de troncs d'arbres-debout au charbonnage d'Oignies-Aiseau (planche VI).		539
Jules Cornet . Les gisements métallifères du Katanga		(3)
F. de Montessus de Ballore . Essai sur le rôle sismogénique des principaux accidents géologiques.		(49)
Tito Alippi . Les Boniti du Monte Nerone		(69)

Lithologie. Minéralogie. Cristallographie.

T. H. Holland . <i>Sur la composition, l'origine et la déshydratation de la latérite</i>	77	
F. Fouqué . <i>Les analyses en bloc des roches éruptives et leur interprétation</i>	81	
L'acide carbonique dans la houille.	89	
Une mine de cuivre soluble	90	
L'opinion du major Weyns sur les ressources minières du Katanga	122	
Miron . <i>Gisements miniers. Stratification et composition</i>	151	
Maurice Lecomte-Denis . <i>La prospection des mines et leur mise en valeur</i>	151	
Paul Gaubert . <i>Minéralogie (25^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>	160	
<i>Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances</i>	478	
E. Mathieu . Renseignements sur la roche cristalline de Grand-Coo	525	
E. Mathieu . Note complémentaire sur la roche cristalline de Grand-Coo.	565	
A. Rutot . Nouveau type de roche granitique dans la région de la Helle (frontière belgo-prussienne)	578	
E. Mathieu . Le Kératophyre de Grand-Coo	619	549
Jules Cornet . Les gisements métallifères du Katanga		(3)

Géologie régionale.

	PR.-VERB.	MÉM.
	Pages.	Pages.
Michel de Brouwer. Le puits artésien des aciéries de Terneuzen, d'après les documents laissés par feu le capitaine Ém. Delvaux . . .	37	
Ch. Lejeune de Schiervel et M. de Brouwer. Considérations générales sur le nouveau bassin houiller de la Campine	44	
G. Simoens. Observations au sujet de la note de MM. Lejeune et de Brouwer sur le houiller de la Campine	48	
Jacob. <i>Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique.</i>	58	
F. Villain. <i>Société industrielle de l'Est. La houille en Lorraine.</i> . . .	64	
D^r K. A. Weethofer. <i>Esquisse géologique du bassin houiller de Kladno-Rakonitz.</i>	62	
Baron O. van Erthorn. Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène inférieur des Flandres	75	
D^r H. Schardt. Avalanche du glacier du Rossboden (Simplon)	90	
Max Le Couppey de la Forest. Choix de l'emplacement des cimetières. Exemple des services que peuvent rendre la géologie et l'hydrologie.	112	
H. Leriche. <i>Unité du bassin franco-belge pendant l'Ypresien.</i>	119	
L'opinion du major Weyns sur les ressources minières du Katanga	122	
L. Delle. Le Pteraspis dans l'Ardenne	125	
Important gisement nouveau de Kaolin, en Suède	126	
Ad. Kemna. Les découvertes récentes de poissons fossiles en Belgique et en France	139	
Baron O. van Erthorn. La question des eaux alimentaires dans les régions dunales et poldériennes du littoral belge	140	297
Baron O. van Erthorn. Les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost	140	
Baron O. van Erthorn. Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au nord du Démer (planche V)	141	261
G.-F. Dollfus et Ph. Dautzenberg. <i>Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécypodes</i>	146	
J. Kersten. Le bassin houiller de la Campine (planches I et II)	155	35
Paul Gaubert. <i>Minéralogie (25^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>	160	
P.-H. Fritel. <i>Paléontologie (24^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>	161	
A. de Lapparent. A propos des roches rouges du Limbourg	171	
G. Simoens. A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine	173	
X. Stainier. Age des roches rouges du Limbourg belge	179	

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
J. Cornet. Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine.	184	
A. Rutot. Quelques découvertes paléontologiques nouvelles.	188	
Puits artésiens	213	
A. de Lapparent. Les roches rouges du bassin campinois	224	
Baron O. van Ertborn. Sondages houillers en Campine.	226	
A. de Lapparent. Importantes découvertes paléontologiques dans le Soudan français.	234	
Rogers et Schwarz. <i>Une période glaciaire pendant l'époque devonienne dans l'Afrique du Sud.</i>	310	
Reusch Hans. <i>La structure géologique du Telemarken</i>	311	
Émile Harzé. Considérations géométriques et autres sur le bassin houiller du Nord de la Belgique.	324, 568	
G. Simoens. Quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois	330	
Prof ^r Golliez. Note sur les essais de coloration des eaux de l'écoulement souterrain des lacs de la vallée de Joux	336	
Note de M. Imbeaux sur une expérience à la fluorescéine dans le plateau de Haye.	353	
Études de M. le prof^r Fournier dans la région de la source d'Arcier (Analyse par M. E. Van den Broeck)	355	
Émile Haug. <i>Sur deux horizons à Céphalopodes du Devonien supérieur dans le Sahara oranais</i>	364	
Commandant O. Barré. <i>L'architecture du sol de la France, essai de géographie tectonique.</i>	365	
X. Stainier. Sur les anciennes recherches de terrain houiller à Menin.	369	
Ad. Kemna. Les eaux de Paris. Note complémentaire au sujet du troisième Rapport de la Commission de Montsouris.	389	
E. Van den Broeck. Note rétablissant les conditions réelles des expériences de la Noiraigue (Note additionnelle relative à la critique des conclusions de MM. Fournier et Magnin)	391	
E. Van den Broeck. L'indépendance de sources d'origines et de températures différentes infirmée par la fluorescéine. Analyse d'une étude de M. le prof^r Schardt consacrée aux sources vauclusiennes du Mont-de-Chamblon et conséquences pratiques à tirer de ces observations.	403	
J. Lorigé. L'unité proposée de la période glaciaire (analyse par M. le Baron O. van Ertborn).	414	317
E. Cuvelier et L. Dubutsson. Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire.	422	
G. Simoens. Encore quelques mots au sujet des couches rouges du bassin houiller de la Campine	469	
<i>Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances</i>	478	
Baron O. van Ertborn. <i>Sondages houillers de la Campine.</i>	479	

	PR.-VERB.	MÉM.
	Pages.	Pages.
A. Smith Woodward. <i>Le gisement d'ossements fossiles de Concud (Teruel), Espagne</i>	515	
C.-W. Andrews. <i>Note sur une expédition au Fayum (Égypte)</i>	516	
<i>Recherches paléontologiques de M. André Tournouër en Patagonie</i>	518	
D^r P. Schlei. <i>Résultats géologiques de l'expédition arctique du capitaine Sverdrup</i>	518	
Profr D^r J. Reinke. <i>Origine et développement des dunes sur la côte occidentale du Schleswig</i>	519	
E. Mathieu. <i>Renseignements sur la roche cristalline de Grand-Coo</i>	525	
E. Mathieu. <i>Note complémentaire sur la roche cristalline de Grand-Coo.</i>	565	
X. Stainier. <i>Rencontre de troncs d'arbres-debout au charbonnage d'Oignies-Aiseau (planche VI)</i>	576	539
A. Rutot. <i>Nouveau type de roche granitique dans la région de la Helle (frontière belgo-prussienne)</i>	578	
Eug. Mailleux. <i>Quelques mots sur les Trilobites du Couvinien des environs de Couvin</i>	579	
<i>Le Mammouth du Musée de Saint-Petersbourg.</i>	595	
D^r Ed. Imbeaux. <i>Annuaire des distributions d'eau. Les eaux de Paris, Versailles et la banlieue</i>	594	
Mellard Reade. <i>The evolution of earthstructure</i>	595	
<i>Amérique. Le lac bouillant de l'île Dominique</i>	599	
<i>Fantaisies géologiques</i>	603	
<i>Une source d'eau minérale en Campine.</i>	604	
É. Harzé. <i>Une grotte dans le Calcaire carbonifère à plus de 200 mètres de profondeur (planches VII et VIII)</i>	614	545
E. Mathieu. <i>Le Kératophyre de Grand-Coo</i>	619	549
Rollin D. Salisbury and Wallace W. Atwood. <i>The geography of the region about Davik's lake and the Dalles of Wisconsin</i>	665	
Stan. Meunier. <i>Sur la puissance de la formation nummulitique à Saint-Louis, au Sénégal.</i>	668	
A. Rutot. <i>Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Est de l'Angleterre</i>		57
Baron O. van Erthorn. <i>Rectifications à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge</i>		103
J. Loricé. <i>Contributions à la géologie des Pays-Bas, fascicule X. Sondages en Zélande et en Brabant.</i>		203
A. Rutot. <i>Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902.</i>		383
E. Fournier et Magnin. <i>Essai sur la circulation des eaux souterraines dans les massifs calcaires du Jura.</i>		523
Jules Cornet. <i>Les gisements métallifères du Katanga</i>		(3

Le nouveau bassin houiller en Campine.

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
Ch. Lejeune de Schiervel et M. de Brouwer. Considérations générales sur le nouveau bassin houiller de la Campine	44	
G. Simoens. Observations au sujet de la note de MM. Lejeune et de Brouwer sur le houiller de la Campine	48	
J. Kersten. <i>Le bassin houiller de la Campine</i> (planches I et II)	155	35
A. de Lapparent. A propos des couches rouges du Limbourg	171	
G. Simoens. A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine	173	
X. Stainier. Age des roches rouges du Limbourg belge	179	
A. de Lapparent. Les roches rouges du bassin campinois	224	
Baron O. van Ertborn. Sondages houillers en Campine	226	
Émile Harzé. Considérations géométriques et autres sur le bassin houiller du Nord de la Belgique	324	568
G. Simoens. Quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois	330	
G. Simoens. Encore quelques mots au sujet des couches rouges du bassin houiller de la Campine	469	
Baron O. van Ertborn. <i>Sondages houillers de la Campine</i>	479	

Géologie appliquée.

E. Van den Broeck et E. Rahir. La Lesse souterraine. La traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz démontrée au moyen de la fluorescéine (planche III).	70	119
Capitaine Rabozée. Résumé du travail de M. W. Spring intitulé : Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que sur son tassement.	72	
Max Le Couppey de la Forest. Choix de l'emplacement des cimetières. Exemple des services que peuvent rendre la géologie et l'hydrologie.	112	
Baron O. van Ertborn. La question des eaux alimentaires dans les régions dunales et poldériennes du littoral belge	140	297
Maurice Lecomte-Denis. <i>La prospection des mines et leur mise en valeur</i>	151	
E.-A. Martel. Sur l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine.	475	
L'école de la rue de Rollebeek, à Bruxelles	603	
1903. LISTES ET TABLES.		■

Hydrologie.

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
Dégagement désastreux d'eau chaude au Sseu-tch'ouan	64	
E. Van den Broeck et E. Rahir. La Lesse souterraine et sa traversée sous les deux boucles de Furfooz et Chaleux, démontrée par la fluorescéine (planches III)	70	119
Capitaine Rabozée. Résumé du travail de M. W. Spring intitulé : Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que sur son tassement	72	
Max Le Couppey de la Forest. Choix de l'emplacement des cimetières. Exemple des services que peuvent rendre la géologie et l'hydrologie.	112	
R. Bradfer. Le tuf humique ou ortstein aux points de vue géologique et forestier	139	267
Baron O. van Erthorn. La question des eaux alimentaires dans les régions dunales et poldériennes du littoral belge	140	297
Baron O. van Erthorn. Les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost	141	145
J. Kersten. Le bassin houiller de la Campine (planches I et II)	155	35
<i>Eaux de Paris</i>	198	
Enduit pour réservoirs d'eau	213	
Puits artésiens	213	
Action de l'eau sur les conduites en plomb.	214	
Charles Rabot. Le désastre de Tuamotu	214	
E. Van den Broeck. Analyse d'une note de MM. E. Fournier et A. Magnin sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines	240	
Note de M. Léon Janet	267	
E. Fournier et A. Magnin. Sur la propagation des eaux souterraines. . .	269	
Félix Marboutin. Essai sur la propagation des eaux souterraines. . .	273	
Ad. Kemna. Des différences de vitesse et de densité des eaux et sur les obstacles au mélange	292	
Prof ^r H. Schardt. Notes concernant la vitesse de propagation de la fluorescéine dans les eaux souterraines, à propos de la note de MM. Fournier et Magnin et de la notice de M. Le Couppey de la Forest . .	293	
A. Trillat. Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration	301	
Ch. Rabot. Diminution de la nappe phréatique en Angleterre.	309	
Ad. Kemna. Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (du 23 au 26 juin 1903)	318	
Prof ^r Golliez. Note sur les essais de coloration des eaux de l'écoulement souterrain des lacs de la vallée de Joux	336	

	Pr.-Verb. Pages.	Mém. Pages.
Études de M. le Prof ^r Fournier dans la région de la source d'Arcier (Analyse par M. E. Van den Broeck)	355	
E. Putzeys. Les sources vauclusiennes et les zones de protection . . .	374	
Ad. Kemna. Les eaux de Paris. Note complémentaire au sujet du troisième Rapport de la Commission de Montsouris	389	
E. Van den Broeck. L'indépendance de sources d'origines et de tem- pératures différentes infirmée par la fluorescéine. Analyse d'une étude de M. le Prof ^r Schardt consacrée aux sources vauclusiennes du Mont- de-Chamblon et conséquences pratiques à tirer de ces observations. .	403	
Baron O. van Erthorn. La distribution d'eau de Vilvorde	415	
E. Fournier et A. Magnin. Note sur la vitesse des eaux souterraines .	444	
Félix Marboutin. Sur l'observation du trouble dans les eaux de sources	447	
E. Van den Broeck et E. Rahir. Exhibition d'un tholomètre, nouvel appareil pratique destiné à mesurer le degré de transparence des eaux.	448	
Baron O. van Erthorn. <i>Sondages houillers de la Campine</i>	479	
E. Fournier. Quelques mots sur la source d'Arcier, près de Besançon .	586	
E. Putzeys. Les sources vauclusiennes; réponse à la note de M. Four- nier	589	
Jeannot. Note au sujet de la source d'Arcier	591	
Eug. Dubois. <i>Faits relatifs à la recherche de la direction et à l'origine des eaux souterraines dans nos provinces maritimes</i>	594	
Dr Ed. Imbeaux. <i>Annuaire des distributions d'eau. Les eaux de Paris, Versailles et la banlieue</i>	594	
Dr L. Laloy. Variations de niveau de la nappe souterraine.	602	
L'eau potable pour l'armée.	603	
Une source d'eau minérale en Campine.	604	
E. Putzeys. A propos des conditions que doivent remplir les eaux issues de terrains calcaires.	615	
W. Spring. Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz ainsi que sur son tassement	13	
F. Dienert. Contribution à l'étude des courants souterrains au moyen de la boussole et des courants électro-magnétiques	501	
E. Fournier et A. Magnin. Essai sur la circulation des eaux souter- raines dans les massifs calcaires du Jura.	523	
Jules Cornet. Les gisements métallifères du Katanga	(3)	

Fluorescéine et son emploi dans les études d'Hydrologie souterraine.

E. Van den Broeck et E. Rahir. La Lesse souterraine et sa traversée sous les deux boucles de Furfooz et Chaleux, démontrée par la fluorescéine (planche III).	70	119
---	----	-----

	PR.-VERB. Pages	MÉM. Pages
Question mise à l'ordre du jour. — La vitesse de propagation des eaux souterraines et de la fluorescéine dans les canaux et fissures des terrains calcaires	239	
E. Van den Broeck. Analyse d'une note de MM. E. Fournier et A. Magnin sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines	240	
M. Le Couppey de la Forest. Considérations sur le mode de propagation de la fluorescéine sous terre	249	515
Note de M. Trillat	261	
Extrait d'une lettre de M. le Prof ^r Fournier	262	
Note de M. Putzeys	263	
Extrait d'une lettre de M. Le Couppey de la Forest	265	
Extrait d'une lettre de M. le Prof ^r Max Lohest	265	
Note de M. E.-A. Martel	265	
Extrait d'une lettre de M. Imbeaux	267	
Note de M. Léon Janet	267	
E. Fournier et A. Magnin. Sur la propagation des eaux souterraines	269	
Félix Marboutin. Essai sur la propagation des eaux souterraines	273	
Ad. Kemna. Des différences de vitesse et de densité des eaux et sur les obstacles au mélange	292	
Prof ^r H. Schardt. Notes concernant la vitesse de propagation de la fluorescéine dans les eaux souterraines, à propos de la note de MM. Fournier et Magnin et de la notice de M. Le Couppey de la Forest	293	
A. Trillat. Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration	301	
Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines	336	
Prof. Golliez. Note sur les essais de coloration des eaux de l'écoulement souterrain des lacs de la vallée de Joux	336	
F.-A. Forel. Le lac de l'Orbe souterraine	340	
E.-A. Martel. Sur l'emploi de la fluorescéine en hydrologie	342	
Note de M. Rabozée	351	
Note de M. Imbeaux sur une expérience à la fluorescéine dans le plateau de Haye	353	
Études de M. le Prof ^r Fournier dans la région de la source d'Arcier (Analyse par M. E. Van den Broeck)	355	
E. Van den Broeck. Note rétablissant les conditions réelles des expériences de la Noiraigue (Note additionnelle relative à la critique des conclusions de MM. Fournier et Magnin)	391	
Ed. Rahir. Une expérience au sujet du mode de propagation de la fluorescéine	398	

	Pr.-Verb. Pages.	Mém. Pages.
E. Van den Broeck. L'indépendance de sources d'origines et de températures différentes infirmée par la fluorescéine. Analyse d'une étude de M. le Prof ^r Schardt consacrée aux sources vauclusiennes du Mont-de-Chamblon et conséquences pratiques à tirer de ces observations. . .	403	
E.-A. Martel. Note complémentaire sur la vitesse et les retards de la fluorescéine	409	
F. Dienert. Quelques remarques sur les expériences faites avec la fluorescéine et le sel marin.	438	
E. Fournier et A. Magnin. Note sur la vitesse des eaux souterraines .	444	
Félix Marboutin. Sur l'observation du trouble dans les eaux de sources	447	
E. Van den Broeck et E. Rahir. Exhibition d'un tholomètre, nouvel appareil pratique destiné à mesurer le degré de transparence des eaux.	448	
E.-A. Martel. Sur l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine.	475	
E. Van den Broeck et E. Rahir. Expériences sur la densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau et sur la vitesse de propagation de cette matière colorante	531	
Rabozée. Note sur l'opportunité d'emploi de la fluorescéine	541	
E.-A. Martel. Expériences complémentaires sur la fluorescéine	543	
H. Rabozée et E. Rahir. Résumé synthétique de la discussion relative à l'emploi de la fluorescéine pour l'étude de la vitesse des eaux courantes souterraines et à l'air libre.	620	
E. Fournier et A. Magnin. Essai sur la circulation des eaux souterraines dans les massifs calcaires du Jura.		523

Sondages. Puits artésiens.

Michel de Brouwer. Le puits artésien des aciéries de Terneuzen, d'après les documents laissés par feu le capitaine Ém. Delvaux . . .	37
L. Poussiguc. <i>Fonçage et installation du premier puits de 1,000 mètres creusé en France</i>	60
J. Cornet. Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine.	184
Puits artésiens	213
Baron O. van Erthorn. Sondages houillers en Campine.	226
Baron O. van Erthorn. La distribution d'eau de Vilvorde	415
E. Cuvelier et L. Dubuisson. Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire.	422
Baron O. van Erthorn. <i>Sondages houillers de la Campine</i>	479
D. Pantanelli. Sur les puits artésiens	600
Baron O. van Erthorn. Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost	145
J. Lorié. Contributions à la géologie des Pays-Bas, fascicule X. Sondages en Zélande et en Brabant.	203

Tremblements de terre, Phénomènes sismiques et Volcanisme.

	PR.-VERB. Pages.	Mém. Pages.
Baron O. van Ertborn. Le volcanisme	6	3
E. Van den Broeck. Nouvelle théorie de l'explosion volcanique basée sur la combinaison des vues de M. O. van Ertborn avec les expériences et thèses de MM. A. Gautier et A. Brun et avec la théorie de M. A. Stübel.	41	
E. Van den Broeck. A propos de la conférence de M. A. de Lapparent intitulée : <i>L'Éruption de la Martinique</i> . (Annexe à la communication précédente.)	29	
E. Van den Broeck. A propos du livre de M. Fr. Miron intitulé : <i>Étude des phénomènes volcaniques</i> . (Annexe à la communication rap- pelée ci-dessus.)	34	
F. Miron. <i>Étude des phénomènes volcaniques</i>	79	
F. Fouqué. <i>Les analyses en bloc des roches éruptives et leur interpré- tation</i>	81	
Volcan en miniature	123	
Les observations sismiques en France	142	
Texte du programme général de l'enquête relative aux phénomènes géophysiques de l'année 1902, élaboré par le Comité des délégués des Sociétés belges de Géologie et d'Astronomie	220	
Conférence de M. le Prof ^r Lacroix à la Société de Géographie de Paris. — Les éruptions de la Montagne Pelée et de Saint-Vincent	312	
La station sismique de Grenoble	363	
<i>La seconde conférence sismologique de Strasbourg (24-28 juillet 1903).</i>	486	
Discussion de la théorie Stübel sur le volcanisme.	548	
A. de Lapparent. Communications au sujet des vues de M. Stübel	548	
J. Bergeron. Le volcanisme et ses théories.	552	
A. Brun. L'hydrogène des volcans	554	
Armand Gautier. Théorie des volcans.	555	
Amérique. Le lac bouillant de l'île Dominique	599	
Proposition de dresser une carte authentique des volcans	609	
Montessus de Ballore. Loi générale de la répartition des régions sismiques installées à la surface du globe	670	
G. Simoens. L'âge du volcan de Quenast et l'influence des lignes tecto- niques du Brabant sur l'allure des sédiments houillers du Nord de la Belgique		45
F. de Montessus de Ballore. Essai sur le rôle sismogénique des prin- cipaux accidents géologiques.		(49)

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
A. de Lapparent. Le progrès des études sismologiques.		(77)
Rapport présenté à l'Académie des sciences de Paris, à la séance du 3 juillet 1903, par M. A. de Lapparent , rapporteur de la Commission de sismologie, créée au sein de l'Académie à la demande du Gouvernement français au sujet d'un Projet d'organisation d'un service sismologique en France.		(91)

Géologie primaire.

Jacob. <i>Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique.</i>	58	
F. Villain. <i>Société industrielle de l'Est. La houille en Lorraine.</i> . . .	61	
Dr K. A. Weethofer. <i>Esquisse géologique du bassin houiller de Kladno-Rakonitz.</i>	62	
J. Kersten. <i>Le bassin houiller de la Campine (planches I et II)</i> . . .	155	35
A. de Lapparent. A propos des couches rouges du Limbourg. . . .	171	
G. Simoens. A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine.	173	
X. Stainier. Age des roches rouges du Limbourg belge	179	
A. de Lapparent. Les roches rouges du bassin campinois	224	
Baron O. van Erthorn. Sondages houillers en Campine.	226	
Rogers et Schwarz. <i>Une période glaciaire pendant l'époque devonienne dans l'Afrique du Sud.</i>	310	
Reusch Hans. <i>La structure géologique du Telemarken</i>	311	
Émile Harzé. Considérations géométriques et autres sur le bassin houiller du Nord de la Belgique	324, 568	
G. Simoens. Quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois	330	
X. Stainier. Sur les anciennes recherches de terrain houiller à Menin. .	369	
G. Simoens. Encore quelques mots au sujet des couches rouges du bassin houiller de la Campine	469	
Baron O. van Erthorn. <i>Sondages houillers de la Campine.</i>	479	
Dr P. Schlei. <i>Résultats géologiques de l'expédition arctique du capitaine Sverdrup</i>	518	
A. Rutot. Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902.		383
Jules Cornet. Les gisements métallifères du Katanga		(3)

Paléontologie primaire.

	PR.-VERB. Pages.	Mém. Pages.
L. Dello. Le Pteraspis dans l'Ardenne	125	
Ad. Kemna. Les découvertes récentes de poissons fossiles en Belgique et en France	139	339
P. - H. Fritel. <i>Paléontologie (24^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>	161	
Émile Haug. <i>Sur deux horizons à Céphalopodes du Devonien supérieur dans le Sahara oranais</i>	364	
X. Stainier. Rencontre de troncs d'arbres-debout au charbonnage d'Oignies-Aiseau (planche VI).	576	539
Eug. Mailleux. Quelques mots sur les Trilobites du Couvinien des environs de Couvin	579	

Géologie secondaire.

Jacob. <i>Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique.</i>	58	
J. Kersten. <i>Le bassin houiller de la Campine</i> (planches I et II)	155	35
A. de Lapparent. A propos des couches rouges du Limbourg.	171	
G. Simoens. A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine.	173	
X. Stainier. Age des roches rouges du Limbourg belge	179	
J. Cornet. Documents sur l'extention souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine	184	
A. de Lapparent. Les roches rouges du bassin campinois	224	
Baron O. van Erthorn. Sondages houillers en Campine.	226	
G. Simoens. Encore quelques mots au sujet des couches rouges du bassin houiller de la Campine	469	
<i>Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances</i>	478	
Baron O. van Erthorn. <i>Sondages houillers de la Campine.</i>	479	
Dr P. Schlei. <i>Résultats géologiques de l'expédition arctique du capitaine Sverdrup.</i>	518	
Baron O. van Erthorn. Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost		145
A. Rutot. Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902		383

Paléontologie secondaire.

	Pr.-Verb. Pages.	Mém. Pages.
Le Mégalosauve, avec les Ignanodons de Bernissart	66	
Maurice Leriche. Les poissons du Paléocène belge.	124	
P.-H. Fritel. <i>Paléontologie (24^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>	161	
A. de Lapparent. Importantes découvertes paléontologiques dans le Soudan français.	234	
A. Rutot. Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902.		383

Géologie tertiaire.

Michel de Brouwer. Le puits artésien des aciéries de Terneuzen, d'après les documents laissés par feu le capitaine Ém. Delvaux	37	
Jacob. <i>Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique.</i>	58	
Baron O. van Erthorn. Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène inférieur des Flandres.	75	
Baron O. van Erthorn. Quelques mots au sujet des terrains quaternaires	99	
R. Bradfer. Le tuf humique ou ortstein aux points de vue géologique et forestier	139	267
J. Kersten. <i>Le bassin houiller de la Campine</i> (planches I et II)	155	35
J. Cornet. Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine	184	
A. Rutot. Quelques découvertes paléontologiques nouvelles.	188	
Baron O. van Erthorn. Sondages houillers en Campine.	226	
E. Cuvelier et J. Dubuisson. Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire.	422	
<i>Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances</i>	478	
Baron O. van Erthorn. <i>Sondages houillers de la Campine</i>	479	
Dr P. Schlei. <i>Résultats géologiques de l'expédition arctique du capitaine Sverdrup</i>	518	
M. Murlon. Compte rendu sommaire de la IX ^e session du Congrès géologique international qui s'est tenu à Vienne, en août 1903	635	
A. Rutot. Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Est de l'Angleterre		57
Baron O. van Erthorn. Rectifications à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge		103

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
J. Lorié. Contributions à la géologie des Pays-Bas, fascicule X. Sondages en Zélande et en Brabant.		203
Baron O. van Ertborn. A propos de la Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer (planche V).		261
A. Rutot. Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902.		383

Paléontologie tertiaire.

Baron O. van Ertborn. Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène inférieur des Flandres.	75
M. Leriche. <i>Unité du bassin franco-belge pendant l'Ypresien.</i>	119
G.-F. Dollfus et Ph. Dautzenberg. <i>Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécypodes.</i>	146
P.-H. Fritel. <i>Paléontologie (24^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>	161
A. Rutot. Quelques découvertes paléontologiques nouvelles.	188
W. Boyd-Dawkins. <i>Une caverne ossifère d'âge pliocène à Dorcholes, Buxton (Derbyshire)</i>	364
A. Smith Woodward. <i>Le gisement d'ossements fossiles de Concud (Teruel), Espagne</i>	515
C.-W. Andrews. <i>Note sur une expédition au Fayum (Égypte)</i>	516
<i>Recherches paléontologiques de M. André Tournouër en Patagonie.</i> . .	518
M. Murlon. Compte rendu sommaire de la IX ^e session du Congrès géologique international qui s'est tenu à Vienne, en août 1903.	635
Stan. Meunier. <i>Sur la puissance de la formation nummulitique à Saint-Louis, au Sénégal.</i>	668
Baron O. van Ertborn. Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge	103
Baron O. van Ertborn. Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost.	145
J. Lorié. Contributions à la géologie des Pays-Bas, fascicule X. Sondages en Zélande et en Brabant.	203
A. Rutot. Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902.	383

Géologie quaternaire et moderne.

	PR.-VERB. MÉM. Pages. Pages
Michel de Brouwer. Le puits artésien des aciéries de Terneuzen, d'après les documents laissés par feu le capitaine Ém. Delvaux . . .	37
Jacob. <i>Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique.</i>	58
Baron O. van Ertborn. Quelques mots au sujet des terrains quaternaires	99
Baron O. van Ertborn. Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au nord du Démer	141
J. Kersten. <i>Le bassin houiller de la Campine.</i>	155
J. Cornet. Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine	184
A. Rutot. Quelques découvertes paléontologiques nouvelles.	188
Baron O. van Ertborn. Sondages houillers en Campine.	226
J. Lorté. L'unité proposée de la période glaciaire (analyse par M. le Baron van Ertborn)	414
E. Cuvelier et L. Dubuisson. Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire.	422
A. Rutot. L'état actuel de la question de l'antiquité de l'homme	425
Baron O. van Ertborn. <i>Sondages houillers de la Campine.</i>	479
Prof ^r Dr J. Reinke. <i>Origine et développement des dunes sur la côte occidentale du Schleswig</i>	519
A. Rutot. Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Est de l'Angleterre	57
Baron O. van Ertborn. Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost	145
J. Lorté. Contributions à la géologie des Pays-Bas, fascicule X. Sondages en Zélande et en Brabant.	203
Baron O. van Ertborn. A propos de la Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au nord du Démer (planche V).	261
J. Lorté. L'unité proposée de la période glaciaire	317
A. Rutot. Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902.	383

Paléontologie quaternaire et moderne.

P.-M. Fritel. <i>Paléontologie (24^e partie de l'Histoire naturelle de France)</i>	161
A. Rutot. Quelques découvertes paléontologiques nouvelles.	188
A. Rutot. L'état actuel de la question de l'antiquité de l'homme	425

	PR.-VERB. Pages.	MÉM. Pages.
C.-W. Andrews. <i>Note sur une expédition au Fayum (Égypte)</i>	516	
Eug. Mailleux. Fouilles au « Trou de l'Abime », à Couvin (juillet 1902).	583	
<i>Le Mammouth du Musée de Saint-Petersbourg.</i>	593	
Stan. Meunier. <i>Sur la puissance de la formation nummulitique à Saint-Louis, au Sénégal.</i>	668	
J. Lorié. Contributions à la géologie des Pays-Bas, fascicule X. Sondages en Zélande et en Brabant.		203
J. Lorié. L'unité proposée de la période glaciaire		317

Spéléologie.

W. Boyd-Dawkins. <i>Une caverne ossifère d'âge pliocène à Dorcholes, Buxton (Derbyshire)</i>	364	
Eug. Mailleux. Fouilles au « Trou de l'Abime », à Couvin (juillet 1902).	583	
E. Harzé. Une grotte dans le Calcaire carbonifère, à plus de 200 mètres de profondeur (planches VII et VIII).	614	545
E. Van den Broeck et E. Rahir. La Lesse souterraine. La traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz démontrée au moyen de la fluorescéine (planche III).		119

Bibliographie.

E. Van den Broeck. <i>Paleontologia universalis. Quelques considérations au sujet des conditions d'abonnement</i>	135
M. Mourlon. <i>Bibliographia geologica. Avancement de l'œuvre et referendum au sujet du mode de publication</i>	452
E. Van den Broeck. <i>Le referendum sur le mode de publication de la Bibliographia geologica</i>	454

Varia.

Michel Mourlon. <i>Réflexions au sujet de l'appréciation par M. G. Dollfus de l'Œuvre d'André Dumont</i>	52
<i>L'acide carbonique dans la houille.</i>	89
Edmond Leprieux. <i>La Carte agronomique de Belgique.</i>	120
<i>Enduit pour réservoirs d'eau.</i>	213
<i>Puits artésiens</i>	213
<i>Action de l'eau sur les conduites en plomb.</i>	214

Charles Rabot. Le désastre de Tuamotu	214
Ad. Kemna. Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (du 23 au 26 juin 1903)	318
L'école de la rue de Rollebeek, à Bruxelles	603
Fantaisies géologiques	603
Un nouveau don de M. Solvay à l'Université de Bruxelles	604
M. Mourlon. Compte rendu sommaire de la IX ^e session du Congrès géologique international qui s'est tenu à Vienne, en août 1903	635
X. Stainier. Curiosités archæo-géologiques	643
J. Girard. <i>L'évolution comparée des sables</i>	667
E. Van den Broeck. Charles de la Vallée-Poussin, sa vie et ses travaux (planche IV).	155

INDEX DES RUBRIQUES

DE LA

TABLE CHRONOLOGIQUE

	Pages.
1. Géologie et paléontologie générales	LIX
2. Phénomènes géologiques. (Volcanisme et sismicité exceptés.)	LX
3. Lithologie, Minéralogie, Cristallographie	LXI
4. Géologie régionale	LXII
5. Le nouveau bassin houiller de la Campine	LXV
6. Géologie appliquée	LXV
7. Hydrologie	LXVI
8. La Fluorescéine et son emploi dans les études d'Hydrologie souterraine. .	LXVII
9. Sondages, puits artésiens	LXIX
10. Tremblements de terre, Phénomènes sismiques et Volcanisme	LXX
11. Géologie primaire.	LXXI
12. Paléontologie primaire.	LXXII
13. Géologie secondaire.	LXXII
14. Paléontologie secondaire.	LXXIII
15. Géologie tertiaire	LXXIII
16. Paléontologie tertiaire.	LXXIV
17. Géologie quaternaire et moderne	LXXV
18. Paléontologie quaternaire et moderne	LXXV
19. Spéléologie.	LXXVI
20. Bibliographie	LXXVI
21. Varia	LXXVI

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XVII (1903)

DU

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

	Pages.
Composition du Bureau, du Conseil et des Comités.	2

Séance mensuelle du 20 janvier 1903.

Baron O. van Erthorn. Le volcanisme	6
E. Van den Broeck. Nouvelle théorie de l'explosion volcanique basée sur la combinaison des vues de M. O. van Erthorn avec les expériences et thèses de MM. A. Gautier et A. Brun et avec la théorie de M. A. Stübel	11
E. Van den Broeck. A propos de la conférence de M. A. de Lapparent intitulée : <i>L'Éruption de la Martinique</i> . (Annexe à la communication précédente.)	29
E. Van den Broeck. A propos du livre de M. Fr. Miron intitulé : <i>Étude des phénomènes volcaniques</i> . (Annexe à la communication rappelée ci-dessus). . .	34
Michel de Brouwer. Le puits artésien des aciéries de Terneuzen, d'après les documents laissés par feu le capitaine Ém. Delvaux	37
Ch. Lejeune de Schiervel et M. de Brouwer. Considérations générales sur le nouveau bassin houiller de la Campine.	44
G. Simoens. Observations au sujet de la note de MM. Lejeune et de Brouwer sur le Houiller de la Campine.	48
Michel Mourlon. Réflexions au sujet de l'appréciation par M. G. Dollfus de l'OEuvre d'André Dumont	52

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

	Pages.
Jacob. Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique.	58
L. Poussiguc. Fonçage et installation du premier puits de 1 000 mètres creusé en France.	60
F. Villain. Société industrielle de l'Est. La houille en Lorraine.	61
Dr K. A. Weethofer. Esquisse géologique du bassin houiller de Kladno-Rakonitz	62

Notes et informations diverses.

Dégagement désastreux d'eau chaude au Iseu-tch'ouan.	64
Le Mégalosaura, avec les Iguanodons de Bernissart	66

Séance mensuelle du 10 février 1903.

E. Van den Broeck et A. Rahir. La Lesse souterraine et sa traversée sous les deux boucles de Furfooz et Chaleux, démontrée par la fluorescéine	70
Capitaine Rabozée. Résumé du travail de M. W. Spring intitulé : Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que sur son tassement	72
Baron O. van Ertborn. Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène inférieur des Flandres	75

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

T. H. Holland. Sur la composition, l'origine et la déshydratation de la latérite.	77
F. Miron. Étude des phénomènes volcaniques	79
F. Fouqué. Les analyses en bloc des roches éruptives et leur interprétation	81

Notes et informations diverses.

L'acide carbonique dans la houille.	89
Une mine de cuivre soluble.	90
Dr H. Schardt. Avalanche du glacier du Rossboden (Simplon	90

Séance mensuelle du 17 mars 1903.

	Pages.
Baron O. van Erthorn. Quelques mots au sujet des terrains quaternaires. . .	99
Max Le Couppey de la Forest. Choix de l'emplacement des cimetières. Exemple des services que peuvent rendre la géologie et l'hydrologie.	112

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

M. Leriche. Unité du bassin franco-belge pendant l'Yprésien.	119
---	-----

Notes et informations diverses.

Edmond Leplac. La Carte agronomique de Belgique	120
L'opinion du major Weyns sur les ressources minières du Katanga	122
Volcan en miniature	123
Maurice Leriche. Les poissons du Paléocène belge	124
L. Dollo. Le Pteraspis dans l'Ardenne	125
Important gisement nouveau de Kaolin, en Suède	126

Séance mensuelle du 21 avril 1903.

E. Van den Broeck. Paleontologia universalis. Quelques considérations au sujet des conditions d'abonnement.	135
Ad. Kemna. Les découvertes récentes de poissons fossiles en Belgique et en France	139
R. Bradfer. Le tuf humique ou ortstein aux points de vue géologique et forestier.	139
Baron O. van Erthorn. La question des eaux alimentaires dans les régions dunales et poldériennes du littoral belge	140
Baron O. van Erthorn. Les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost .	140
Baron O. van Erthorn. Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au nord du Démer	141

ANNEXE A LA SÉANCE.

Les observations sismiques en France	142
1903. LISTES ET TABLES.	F

Bulletin bibliographique.

	Pages.
G.-F. Dollfus et Ph. Dautzenberg. Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécypodes.	146
Miron. Gisements miniers. Stratification et composition	151
Maurice Lecomte-Denis. La prospection des mines et leur mise en valeur . .	151
J. Kersten. Le bassin houiller de la Campine	155
Paul Gaubert. Minéralogie (25 ^e partie de l'Histoire naturelle de France) . . .	160
P.-H. Fritel. Paléontologie (24 ^e partie de l'Histoire naturelle de France) . . .	161
A. de Lapparent. Abrégé de géologie.	162

Séance mensuelle du 19 mai 1903.

A. de Lapparent. A propos des couches rouges du Limbourg	171
G. Simoens. A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine . .	173
X. Stainier. Age des roches rouges du Limbourg belge	179
J. Cornet. Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine	184
A. Rutot. Quelques découvertes paléontologiques nouvelles	188

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

Eaux de Paris	198
-------------------------	-----

Notes et informations diverses.

Enduit pour réservoirs d'eau	213
Puits artésiens	213
Action de l'eau sur les conduites en plomb	214
Charles Rabot. Le désastre de Tuamotu.	214

Séance mensuelle du 16 juin 1903.

Texte du programme général de l'enquête relative aux phénomènes géophysiques de l'année 1902, élaboré par le Comité des délégués des Sociétés belges de Géologie et d'Astronomie.	220
A. de Lapparent. Les roches rouges du bassin campinois.	224
Baron O. van Erthorn. Sondages houillers en Campine.	226

	Pages.
A. de Lapparent. Importantes découvertes paléontologiques dans le Soudan français	234
Question mise à l'ordre du jour. — La vitesse de propagation des eaux souterraines et de la fluorescéine dans les canaux et fissures des terrains calcaires	239
E. Van den Broeck. Analyse d'une note de MM. E. Fournier et A. Magnin sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines	240
M. Le Couppey de la Forest. Considérations sur le mode de propagation de la fluorescéine sous terre	249
Note de M. Trillat.	261
Extrait d'une lettre de M. le Prof ^r Fournier	262
Note de M. Putzeys	263
Extrait d'une lettre de M. Le Couppey de la Forest	265
Extrait d'une lettre de M. le Prof ^r Max Lohest	265
Note de M. E.-A. Martel	265
Extrait d'une lettre de M. Imbeaux	267
Note de M. Léon Janet	267
E. Fournier et A. Magnin. Sur la propagation des eaux souterraines	269
Félix Harboudin. Essai sur la propagation des eaux souterraines	273
Ad. Kemna. Des différences de vitesse et de densité des eaux et sur les obstacles au mélange.	292
Prof ^r H. Schardt. Notes concernant la vitesse de propagation de la fluorescéine dans les eaux souterraines, à propos de la note de MM. Fournier et Magnin et de la notice de M. Le Couppey de la Forest	293

ANNEXE A LA SÉANCE.

A. Trillat. Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration	301
---	-----

Bulletin bibliographique.

Ch. Rabot. Diminution de la nappe phréatique en Angleterre	309
Rogers et Schwarz. Une période glaciaire pendant l'époque devonienne dans l'Afrique du Sud	310
Reusch Hans. La structure géologique du Telermarken.	311

Notes et informations diverses.

Conférence de M. le Prof ^r Lacroix à la Société de Géographie de Paris. — Les éruptions de la Montagne Pelée et de Saint-Vincent	312
--	-----

Séance mensuelle supplémentaire du 30 juin 1903.

	Pages.
Ad. Kemna. Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (du 23 au 26 juin 1903)	318
Émile Harzé. Considérations géométriques et autres sur le bassin houiller du Nord de la Belgique	324
G. Simoens. Quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois.	330
Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines	336
Profr Golliez. Note sur les essais de coloration des eaux de l'écoulement souterrain des lacs de la vallée de Joux.	336
F.-A. Forel. Le lac de l'Orbe souterraine	340
E.-A. Martel. Sur l'emploi de la fluorescéine en hydrologie	342
Note de M. Rabozée.	351
Note de M. Imbeaux sur une expérience à la fluorescéine dans le plateau de Haye.	353
Études de M. le Profr Fournier dans la région de la source d'Arcier (Analyse par M. E. Van den Broeck)	355

ANNEXE A LA SÉANCE.

La station sismique de Grenoble.	363
--	-----

Bulletin bibliographique.

Émile Haug. Sur deux horizons à Céphalopodes du Devonien supérieur dans le Sahara oranais.	364
W. Boyd-Dawkins. Une caverne ossifère d'âge pliocène à Doreholes, Buxton (Derbyshire).	364
Commandant ●. Barré. L'architecture du sol de la France, essai de géographie tectonique.	365

Séance mensuelle du 18 juillet 1903.

X. Stalnier. Sur les anciennes recherches de terrain houiller à Menin	369
E. Putzeys. Les sources vaclusiennes et les zones de protection	374
Ad. Kemna. Les eaux de Paris. Note complémentaire au sujet du troisième Rapport de la Commission de Montsouris.	389
E. Van den Broeck. Note rétablissant les conditions réelles des expériences de la Noirague (Note additionnelle, relative à la critique des conclusions de MM. Fournier et Magnin)	391
Ed. Rahir. Une expérience au sujet du mode de propagation de la fluorescéine. .	398

E. Van den Broeck. L'indépendance de sources d'origines et de températures différentes infirmée par la fluorescéine. Analyse d'une étude de M. le Prof ^r Schardt consacrée aux sources vauclusiennes du Mont-de-Chamblon et conséquences pratiques à tirer de ces observations	403
E.-A. Martel. Note complémentaire sur la vitesse et les retards de la fluorescéine.	409
J. Lorié. L'unité proposée de la période glaciaire (analyse par M. le Baron van Erthorn).	414
Baron O. van Erthorn. La distribution d'eau de Vilvorde	415

Séance mensuelle supplémentaire du 28 juillet 1903.

E. Cuvelier et L. Dubuisson. Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire	422
A. Rutot. L'état actuel de la question de l'antiquité de l'homme	425
F. Dienert. Quelques remarques sur les expériences faites avec la fluorescéine et le sel marin.	438
E. Fournier et A. Maguin. Note sur la vitesse des eaux souterraines	444
Félix Marboutin. Sur l'observation du trouble dans les eaux de sources	447
E. Van den Broeck et E. Rahir. Exhibition d'un tholomètre, nouvel appareil pratique destiné à mesurer le degré de transparence des eaux	448
M. Murlon. Bibliographia geologica. Avancement de l'œuvre et referendum au sujet du mode de publication.	452
E. Van den Broeck. Le referendum sur le mode de publication de la Bibliographia geologica	454
G. Simoens. Encore quelques mots au sujet des couches rouges du bassin houiller de la Campine	469

ANNEXE A LA SÉANCE.

E.-A. Martel. Sur l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine	475
--	-----

Bulletin bibliographique.

Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances	478
Baron O. van Erthorn. Sondages houillers de la Campine	479
La seconde conférence sismologique de Strasbourg (24-28 juillet 1903).	486
A. Smith Woodward. Le gisement d'ossements fossiles de Concud (Teruel), Espagne.	515
C.-W. Andrews. Note sur une expédition au Fayum (Égypte)	516
Recherches paléontologiques de M. André Tournouër en Patagonie	518
Dr P. Schlei. Résultats géologiques de l'expédition arctique du capitaine Sverdrup	518
Prof ^r Dr J. Reinke. Origine et développement des dunes sur la côte occidentale du Schleswig	519

Séance mensuelle du 20 octobre 1903.

	Pages.
E. Mathieu. Renseignements sur la roche cristalline de Grand-Coo.	525
E. Van den Broeck et E. Rahr. Expériences sur la densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau et sur la vitesse de propagation de cette matière colorante.	531
Rabozée. Note sur l'opportunité d'emploi de la fluorescéine	541
E.-A. Martel. Expériences complémentaires sur la fluorescéine	543
Discussion de la théorie Stübel sur le volcanisme	548
A. de Lapparent. Communications au sujet des vues de M. Stübel	548
J. Bergeron. Le volcanisme et ses théories	552
A. Brun. L'hydrogène des volcans.	554
Armand Gautier. Théorie des volcans	555

Séance mensuelle du 17 novembre 1903.

E. Mathieu. Note complémentaire sur la roche cristalline du Grand-Coo . . .	565
E. Harzé. Considérations géométriques sur le Houiller du Nord de la Belgique.	568
X. Stainier. Rencontre de troncs d'arbres-debout au charbonnage d'Oignies-Oiseau	576
A. Rutot. Nouveau type de roche granitique dans la région de la Helle (frontière belgo-prussienne).	578
Eug. Mailleux. Quelques mots sur les Trilobites du Couvinien des environs de Couvin	579
Eug. Mailleux. Fouilles au « Trou de l'Abîme », à Couvin (juillet 1902).	583
E. Fournier. Quelques mots sur la source d'Arcier, près de Besançon.	586
E. Putzeys. Les sources vauclusiennes; réponse à la note de M. Fournier.	589
Jeannot. Note au sujet de la source d'Arcier.	591

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

Le Mammouth du Musée de Saint-Petersbourg.	593
Eug. Dubois. Faits relatifs à la recherche de la direction et à l'origine des eaux souterraines dans nos provinces maritimes	594
Dr Ed. Imbraux. Annuaire des distributions d'eau. Les eaux de Paris. Versailles et la banlieue	594
Mellard Reade. The evolution of earthstructure	595

Notes et informations diverses.

Amérique. Le lac bouillant de l'île Dominique.	599
D. Pantanelli. Sur les puits artésiens.	600
Dr L. Laloy. Variations de niveau de la nappe souterraine	602

	Pages.
L'eau potable pour l'armée	603
L'école de la rue de Rollebeek, à Bruxelles	603
Fantaisies géologiques	603
Une source d'eau minérale en Campine	604
Un nouveau don de M. Solvay à l'Université de Bruxelles.	604

Séance mensuelle du 15 décembre 1903.

Proposition de dresser une carte authentique des volcans.	609
E. Harzé. Une grotte dans le calcaire carbonifère à plus de 200 mètres de profondeur.	614
E. Putzeys. A propos des conditions que doivent remplir les eaux issues de terrains calcaires.	615
E. Mathieu. Le Kératophyre de Grand-Coo	619
H. Rabozée et Ed. Rahlr. Résumé synthétique de la discussion relative à l'emploi de la fluorescéine pour l'étude de la vitesse des eaux courantes souterraines et à l'air libre	620
M. Murlon. Compte rendu sommaire de la IX ^e session du Congrès géologique international qui s'est tenu à Vienne, en août 1903.	635
X. Stainier. Curiosités archæo-géologiques	643

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

Karl A. von Zittel. Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie). 1. Abtheilung. Invertebrata	657
Rollin D. Salisbury and Wallace W. Atwood. The geography of the region about Davik's lake and the Dalles of Wisconsin	665
J. Girard. L'évolution comparée des sables	667
Stan. Meunier. Sur la puissance de la formation nummulitique à Saint-Louis, au Sénégal.	668

Notes et informations diverses.

Montessus de Ballore. Loi générale de la répartition des régions sismiques installées à la surface du globe	670
--	-----

Assemblée générale annuelle de clôture de l'exercice 1903.

Séance du 17 février 1904.

Rapport annuel du Président	671
Approbation des comptes de l'année 1903 et rapport du Trésorier	679

	Pages.
Bilan au 31 décembre 1903	680
Budget de 1904.	681
Session annuelle extraordinaire de 1904 et programme des excursions de l'année.	681
Élections	682
Composition du Bureau, du Conseil et des Comités.	683

MÉMOIRES.

Baron O. van Erthorn. Le volcanisme.	3
W. Spring. Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz ainsi que sur son tassement.	13
J. Kersten. Le bassin houiller de la Campine (planches I et II)	35
G. Simoens. L'âge du volcan de Quenast et l'influence des lignes tectoniques du Brabant sur l'allure des sédiments houillers du Nord de la Belgique.	45
A. Rutot. Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Est de l'Angleterre	57
Baron O. van Erthorn. Rectifications à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge	103
F. Van den Broeck et E. Rahir. La Lesse souterraine. La traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz démontrée au moyen de la fluorescéine (planche III).	119
Baron O. van Erthorn. Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la villes d'Alost.	145
E. Van den Broeck. Charles de la Vallée-Poussin, sa vie et ses travaux (planche IV)	155
Dr J. Lorient. Contributions à la géologie des Pays-Bas, fascicule X. Sondages en Zélande et en Brabant	203
Baron O. van Erthorn. A propos de la Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer (planche V).	261
Robert Bradfer. Le tuf humique ou ortstein aux points de vue géologique et forestier.	267
Baron O. van Erthorn. La question des eaux alimentaires dans les régions dunale et poldérienne du littoral belge	297
J. Lorient. L'unité proposée de la période glaciaire.	317
Ad. Kemna. Les récentes découvertes de poissons fossiles primitifs	339
A. Rutot. Compte rendu des excursions de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans le Hainaut et aux environs de Bruxelles, du 23 au 27 août 1902	383
F. Dierckx. Contribution à l'étude des courants souterrains au moyen de la boussole et des courants électro-magnétiques	501
Le Couppey de la Forest. Quelques considérations complémentaires sur la propagation souterraine de la fluorescéine et sur l'emploi pratique de ce colorant.	515

E. Fournier et Magnin. Essai sur la circulation des eaux souterraines dans les massifs calcaires du Jura.	523
X. Stalnier. découverte de troncs d'arbres-debout au charbonnage d'Oignies-Aiseau (planche VI).	539
E. Harzé. Une grotte dans le calcaire carbonifère à plus de 200 mètres de profondeur (planche VII et VIII).	545
E. Mathieu. Le Kératophyre de Grand-Coo.	549

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS.

Jules Cornet. Les gisements métallifères du Katanga.	3
F. de Montessus de Ballore. Essai sur le rôle sismogénique des principaux accidents géologiques.	49
Tito Alippi. Les Boniti du Monte Nerone.	69
A. de Lapparent. Le progrès des études sismologiques.	77
Rapport présenté à l'Académie des sciences de Paris, à la séance du 3 juillet 1903, par M. A. de Lapparent , rapporteur de la Commission de sismologie, créée au sein de l'Académie à la demande du Gouvernement français au sujet d'un Projet d'organisation d'un service sismologique en France.	91

TABLES, INDEX ET LISTES

Liste générale des Membres de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.	I
Bibliothèque de la Société :	
1 ^o Liste des auteurs d'ouvrages <i>non périodiques</i> reçus en don par la Société pendant l'année 1903.	XXXIII
2 ^o Liste générale des échanges <i>périodiques</i> faits par la Société, comprenant la liste des ouvrages périodiques reçus en échange par la Société pendant l'année 1903.	XXXVII
Index alphabétique des localités belges au sujet desquelles le présent volume fournit des renseignements géologiques, paléontologiques et hydrologiques.	
Table des planches.	XLIX
Table des matières des communications scientifiques disposées systématiquement et par ordre de chronologie géologique	LVIII
Index des rubriques de la Table chronologique.	LIX
Table générale des matières contenues dans le tome XVII (1903) des <i>Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie</i>	LXXXIX



550.6493

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

DIX-SEPTIÈME ANNÉE — TOME XVII — FASCICULE I-II

(DEUXIÈME SÉRIE — TOME VII)

PROCÈS-VERBAUX : feuilles 1 à 11A (4 pages) et planche A.

MÉMOIRES : feuilles 1 à 13A (8 pages) et 1 feuillet provisoire,
planches I à IV et Tableau hors texte.

TRADUCTIONS et REPRODUCTIONS : feuilles 1 à 5A (12 pages).

TABLES : feuilles A et B (Liste des membres).

1903

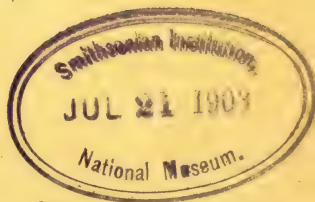
Publié par les soins du Secrétaire général, M. E. VAN DEN BROECK

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112. rue de Louvain, 112

Mai 1903



SOMMAIRE

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

	Pages.
Composition du Bureau, du Conseil et des Comités.	2
Séance mensuelle du 20 janvier 1903	3
Bon O. van Ertborn. — Le Volcanisme	6
E. Van den Broeck. — Nouvelle théorie de l'explosion volcanique basée sur la combinaison des vues de M. O. van Ertborn avec les expériences et thèses de MM. A. Gautier et A. Brun et avec la théorie de M. Stübel.	11
Michel de Brouwer. — Le puits artésien des Aciéries de Terneuzen (d'après les documents laissés par feu le capitaine Ém. Delvaux).	37
Ch. Lejeune de Schiervel et M. de Brouwer. — Considérations générales sur le nouveau bassin houiller de la Campine	44
G. Simoens. — Observations au sujet de la note de MM. Lejeune et de Brouwer sur le Houiller de la Campine.	48
Michel Murlon. — Réflexions au sujet de l'appréciation par M. G. Dollfus de l'Œuvre d'André Dumont	52
 ANNEXE A LA SÉANCE DU 20 JANVIER 1903 :	
<i>Bulletin bibliographique :</i>	
Jacob. — Les failles de la partie orientale du bassin d'Aix-la-Chapelle et la détermination de leur âge géologique	58
L. Poussigue. — Fonçage et installation du premier puits de mille mètres creusé en France	60
F. Villain. — Société industrielle de l'Est — La houille en Lorraine.	61
Dr K.-A. Weethofer. — Esquisse géologique du bassin houiller de Kladno-Rakonitz	62
<i>Notes et informations diverses :</i>	
Dégagement désastreux d'eau chaude à Sseu-tch'ouan	64
Le Mégalosauve, avec les Iguanodons de Bernissart.	66
 Séance mensuelle du 10 février 1903.	 67
E. Van den Broeck et A. Rahir. — La Lesse souterraine et sa traversée sous les deux boucles de Furfooz et Chaleux, démontrée par la fluorescéine	70
W. Spring. — Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz, ainsi que son tassement (<i>Résumé</i> par M. H. Rabozée).	72

Bon O. van Ertborn. — Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène inférieur des Flandres (<i>Note résumée</i>)	75
--	----

ANNEXE A LA SÉANCE DU 10 FÉVRIER 1903 :

Bulletin bibliographique :

T. H. Holland. — Sur la composition, l'origine et la déshydratation de la latérite.	77
F. Miron. — Étude des phénomènes volcaniques	79
F. Fouqué. — Les analyses en bloc des roches éruptives et leur interprétation.	81

Notes et informations diverses :

L'acide carbonique dans la houille	89
Une mine de cuivre soluble	90
Dr H. Schardt. — Avalanche du glacier de Rossboden (Simplon).	90

Séance mensuelle du 17 mars 1903 93

Bon O. van Ertborn. — Quelques mots au sujet des terrains quaternaires.	99
M. Max le Coupey de la Forest. — Choix de l'emplacement des cimetières. Exemple des services que peuvent rendre la géologie et l'hydrologie. (Commune d'Asquins-Yonne)	112

ANNEXE A LA SÉANCE DU 17 MARS 1903 :

Bulletin bibliographique :

M. Leriche. — Unité du bassin franco-belge pendant l'Ypresien	119
---	-----

Notes et informations diverses :

Edmond Leplae. — La Carte agronomique de Belgique.	120
L'opinion du major Weyns sur les ressources minières du Katanga	122
Volcan en miniature	123
Maurice Leriche. — Les poissons du Paléocène belge	124
L. Dollo. — Le Pteraspis dans l'Ardenne	125
Important gisement nouveau de kaolin, en Suède	126

Séance mensuelle du 21 avril 1903 127

Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut. — Programme des concours pour 1903	129
E. Van den Broeck. — Paleontologia universalis. Quelques considérations au sujet des conditions d'abonnement	135
Ad. Kemna. — Les découvertes récentes de poissons fossiles en Belgique et en France (Communication orale, destinée aux <i>Mémoires</i>).	139
Bon O. van Ertborn. — La question des eaux alimentaires dans les régions dunales et poldériennes du littoral belge (<i>Résumé</i>)	140
Bon O. van Ertborn. — Les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost (<i>Résumé</i>)	140
Bon O. van Ertborn. — Carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer (<i>Présentation et résumé</i>).	141

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 21 AVRIL 1903 :

Les observations sismiques en France	142
La station sismologique de Grenoble	143
<i>Bulletin bibliographique :</i>	
<i>F. Dollfus et Ph. Dautzenberg.</i> — Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécy-podes	146
<i>Miron.</i> — Gisements miniers, stratification et composition	151
<i>M. Lecomte-Denis.</i> — La prospection des mines et leur mise en valeur.	151
Le bassin houiller de la Campine	155
<i>Paul Gaubert.</i> — Minéralogie	160
<i>P.-H. Fritel.</i> — Paléontologie.	161
<i>A. de Lapparent.</i> — Abrégé de Géologie (5 ^e édition)	162

MÉMOIRES.

Bon <i>O. van Ertborn.</i> — Le volcanisme	3
<i>W. Spring.</i> — Quelques expériences sur l'imbibition du sable par les liquides et les gaz ainsi que sur son tassement.	13
<i>J. Kersten.</i> — Le bassin houiller de la Campine (Pl. I et II)	35
<i>G. Simoens.</i> — L'âge du volcan de Quenast et l'influence des lignes tectoniques du Brabant sur l'allure des sédiments houillers du Nord de la Belgique	45
<i>A. Rutot.</i> — Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Ouest de l'Angleterre.	57
Bon <i>O. van Ertborn.</i> — Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge.	103
<i>E. Van den Broeck et E. Rahir.</i> — La Lesse souterraine. — La traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz démontrée au moyen de la fluores-céine (Pl. III).	119
Bon <i>O. van Ertborn.</i> — Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost.	145
<i>E. Van den Broeck.</i> — Charles de la Vallée Poussin, sa vie et ses travaux (Portrait, Pl. IV)	155

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS.

<i>J. Cornet.</i> — Les gisements métallifères du Katanga.	3
<i>F. De Montessus de Ballore.</i> — Essai sur le rôle sismogénique des principaux accidents géologiques	49
<i>Tito Alippi.</i> — Les Boniti du Monte Nerone (<i>Traduction E. Engerrand</i>)	69



550.6493

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

DIX-SEPTIÈME ANNÉE — TOME XVII — FASCICULE III-IV

(DEUXIÈME SÉRIE — TOME VII)

PROCÈS-VERBAUX : feuilles 11B (12 pages), 12 à 32 et 33A (8 pages).

Planche B des PROCÈS-VERBAUX.

MÉMOIRES : feuilles 13B (8 pages), 14 à 18 et 19A (8 pages),

19B (8 pages) et 20A (12 pages).

Planche V.

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS : feuilles 5B (4 pages), 6 et 1 feuillet provisoire.

1903

Publié par les soins du Secrétaire général, M. E. VAN DEN BROECK

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

Septembre 1903



SOMMAIRE DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

	Pages.
Séance mensuelle du 19 mai 1903.	165
Note biographique sur le Dr Félix Karrer, de Vienne	166
Académie royale de Belgique (Classe des Sciences). Programme des concours pour les années 1903 et 1904	167
<i>Ad. Kemna.</i> — Question des membres pairs, chez les Poissons primitifs, d'après les fossiles récemment découverts	171
<i>A. de Lapparent.</i> — A propos des couches rouges du Limbourg	171
<i>G. Simoens.</i> — A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine	173
<i>X. Stainier.</i> — Age des roches rouges du Limbourg belge.	179
<i>J. Cornet.</i> — Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine (deuxième note)	184
<i>A. Rutot.</i> — Quelques découvertes paléontologiques nouvelles	188
ANNEXE A LA SÉANCE DU 19 MAI 1903 :	
<i>Bulletin bibliographique :</i>	
<i>Ad. Kemna.</i> — Eaux de Paris. (Travaux de la Commission de l'Observatoire de Montsouris pour l'année 1902, troisième volume, 1903	198
<i>Notes et informations diverses :</i>	
Enduit pour réservoirs d'eau. — Puits artésiens	213
Action de l'eau sur les conduites en plomb	214
<i>Charles Rabot.</i> — Le désastre des Tuamotu	214
Séance mensuelle du 16 juin 1903	216
Texte du programme général de l'enquête relative aux phénomènes géophysiques de l'année 1902, élaboré par le Comité des délégués des Sociétés belges de Géologie et d'Astronomie	220
<i>A. de Lapparent.</i> — Les roches rouges du bassin campinois	224
<i>O. van Ertborn.</i> — Sondages houillers en Campine	226
<i>A. de Lapparent.</i> — Importantes découvertes paléontologiques dans le Soudan français	234
La vitesse de propagation des eaux souterraines et de la fluorescence dans les canaux et fissures des terrains calcaires	239
<i>Ernest Van den Broeck.</i> — Analyse d'une note de MM. E. Fournier et A. Magnin sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines	240
<i>Max Le Couppey de la Forest.</i> — Considérations sur le mode de propagation de la fluorescence sous terre	249
Note de <i>M. Trillat</i>	261
Extrait d'une lettre de M. le Prof ^r <i>Fournier</i>	262
Note de <i>M. Putzeys</i>	263
Extrait d'une lettre de M. <i>Le Couppey de la Forest</i>	265
Extrait d'une lettre de M. le Prof ^r <i>Max Lohest</i>	265
Note de <i>M. E.-A. Martel</i>	265
Extrait d'une lettre de <i>M. Imbeaux</i>	267
Note de <i>M. Léon Janet</i>	267
<i>E. Fournier</i> et <i>A. Magnin.</i> — Sur la propagation des eaux souterraines	269
<i>Félix Marboutin.</i> — Essai sur la propagation des eaux souterraines	273
<i>Ad. Kemna.</i> — Différences de vitesse et de densité des eaux et sur les obstacles au mélange.	292
<i>H. Schardt.</i> — Notes concernant la vitesse de propagation de la fluorescence dans les eaux souterraines, à propos de la note de MM. Fournier et Magnin et de la notice de M. Le Couppey de la Forest	293

ANNEXE A LA SÉANCE DU 16 JUIN 1903 :

- A. Trillat. — Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration 301

Bulletin bibliographique :

- Ch. Rabot. — Diminution de la nappe phréatique en Angleterre 309
 Rogers et Schwarz. — Une période glaciaire pendant l'époque devonienne dans l'Afrique du Sud 310
 Reusch Hans. — La structure géologique du Telemarken 311

Notes et informations diverses :

- Conférence de M. le Prof^r Lacroix à la Société de Géographie de Paris. — Les éruptions de la Montagne Pelée et de Saint-Vincent 312

Séance mensuelle supplémentaire du 30 juin 1903 315

- Ad. Kemna. — Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (23 au 26 juin 1903) 318
 Émile Harzé. — Considérations géométriques et autres sur le bassin houiller du Nord de la Belgique (première partie) 324
 G. Simoens. — Quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois 330

Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines 336

- Golliex. — Note sur les essais de coloration des eaux, de l'écoulement souterrain des lacs de la vallée de Joux (Jura, Suisse) 336
 F.-A. Forel. — Le lac de l'Orbe souterraine 340
 E.-A. Martel. — Sur l'emploi de la fluorescéine en hydrologie 342
 Note de M. Rabozée. 351
 Note de M. Imbeaux sur une expérience à la fluorescéine dans le plateau de Haye 353
 E. Van den Broeck. — Analyse des études de M. le Prof^r Fournier dans la région de la source d'Arcier 355

ANNEXE A LA SÉANCE DU 30 JUIN 1903 :

- La station sismique de Grenoble 363

Bulletin bibliographique :

- Émile Haug. — Sur deux horizons à Céphalopodes du Devonien supérieur dans le Sahara oranais 364
 W. Boyd-Dawkins. — Une caverne ossifère d'âge pliocène à Dorcholes, Buxton (Derbyshire) 364
 Comm^e O. Barré. — L'architecture du sol de la France, essai de géographie tectonique 365

Séance mensuelle du 14 juillet 1903 367

- X. Stainier. — Sur les anciennes recherches de terrain houiller à Menin . . . 369
 E. Putzeys. — Les sources vauclusiennes et les zones de protection 374
 Ad. Kemna. — Les eaux de Paris. Note complémentaire au sujet du Troisième Rapport de la Commission de Montsouris 389

Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines 391

- E. Van den Broeck. — Note rétablissant les conditions réelles des expériences de la Noiraigue 391
 Edm. Rahir. — Une expérience au sujet du mode de propagation de la fluorescéine 398
 E. Van den Broeck. — Précautions à prendre pour constater la première apparition et la disparition de la matière colorante 399
 E. Van den Broeck. — L'indépendance de sources d'origines et de températures différentes infirmée par la fluorescéine. Analyse d'une étude de M. le Prof^r Schardt consacrée aux sources vauclusiennes du Mont-de-Chamblon, et conséquences pratiques à tirer de ces observations 403

T. S. V. P.

	Pages.
<i>E.-A. Martel.</i> — Note complémentaire sur la vitesse et les retards de la fluorescéine	409
<i>Dr J. Lorié.</i> — L'unité proposée de la période glaciaire. (<i>Résumé.</i>)	414
<i>Bon O. van Ertborn.</i> — La distribution d'eau de Vilvorde	415
Séance mensuelle supplémentaire du 28 juillet 1903	420
<i>E. Cuvelier et L. Dubuisson.</i> — Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire	422
<i>A. Rutot.</i> — L'état actuel de la question de l'antiquité de l'homme	425
Suite de la discussion sur la vitesse de circulation des eaux souterraines et sur l'emploi de la fluorescéine	438
<i>F. Dienert.</i> — Quelques remarques sur les expériences faites avec la fluorescéine et le sel marin	438
<i>E. Fournier et A. Magnin.</i> — Note sur la vitesse des eaux souterraines	444
<i>F. Marboutin.</i> — Fluoroscope ou fluorescope	446
<i>F. Marboutin.</i> — Sur l'observation du trouble dans les eaux de sources	447
<i>E. Van den Broeck et E. Rahir.</i> — Exhibition d'un tholomètre, nouvel appareil pratique destiné à mesurer le degré de transparence des eaux	448
<i>M. Mourlon.</i> — Bibliographia geologica. Avancement de l'œuvre et referendum au sujet du mode de publication	452
<i>E. Van den Broeck.</i> — Le referendum sur le mode de publication de la Bibliographia geologica (note critique)	454
<i>G. Simoens.</i> — Encore quelques mots au sujet des couches rouges du bassin houiller de la Campine	469
ANNEXE A LA SÉANCE DU 28 JUILLET 1903 :	
<i>E.-A. Martel.</i> — Sur l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine. <i>Bulletin bibliographique :</i>	475
Guide annuaire de Madagascar et dépendances	478
<i>Bon O. van Ertborn.</i> — Sondages houillers de la Campine.	479
<i>Eug. Lagrange.</i> — Compte rendu des travaux de la Seconde Conférence sismologique de Strasbourg.	486
<i>A. Smith Woodward.</i> — Le gisement d'ossements fossiles de Concud (Feruel), Espagne	515
<i>C.-W. Andrews</i> — Note sur une expédition au Fayum (Égypte)	516
Recherches paléontologiques de <i>M. André Tournouër</i> , en Patagonie	518
<i>Dr P. Schlei.</i> — Résultats géologiques de l'expédition arctique du capitaine Sverdrup	518
<i>Prof^r Dr J. Reinke.</i> — Origine et développement des dunes sur la côte occidentale du Schleswig	519
MÉMOIRES.	
<i>Dr J. Lorié.</i> — Contributions à la géologie des Pays-Bas (fascicule X). Sondages en Zélande et en Brabant	203
<i>Bon O. van Ertborn.</i> — A propos de la carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer	261
<i>Robert Bradfer.</i> — Le tuf humique ou ortstein aux points de vue géologique et forestier	267
<i>Bon O. van Ertborn.</i> — La question des eaux alimentaires dans les régions dunale et polderienne du littoral belge	297
TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS.	
<i>A. de Lapparent.</i> — Le progrès des études sismologiques	77
Rapport présenté à l'Académie des Sciences de Paris, à la séance du 3 juillet 1903, par <i>M. A. de Lapparent</i> , rapporteur de la Commission de sismologie, créée au sein de l'Académie à la demande du Gouvernement français au sujet d'un projet d'organisation d'un Service sismologique en France	91

June 6
550 2

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

DIX-SEPTIÈME ANNÉE — TOME XVII — FASCICULES V-VI

(DEUXIÈME SÉRIE — TOME VII)

PROCÈS-VERBAUX : feuilles 33B (8 pages), 34 à 42 et 43 (12 pages).

MÉMOIRES : feuilles 20B (4 pages), 21 à 35.

Planches VI, VII et VIII.

TABLES : feuilles C, D, E, F (8 pages et un feuillet).

1903

Publié par les soins du Secrétaire général, M. E. VAN DEN BROECK

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

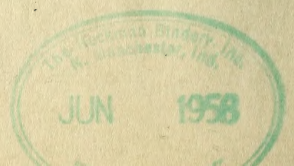
Avril 1904



SOMMAIRE

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

	Pages.
Séance mensuelle du 20 octobre 1903	521
<i>E. Mathieu.</i> — Renseignements sur la roche cristalline de Grand-Coo	525
Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines.	531
<i>E. Van den Broeck et E. Rahir.</i> — Expériences sur la densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau et sur la vitesse de propagation de cette matière colorante.	531
<i>J. Du Fief.</i> — Action de l'acide carbonique, du limon, du calcaire et de la lumière sur la fluorescéine.	536
Note de M. le capitaine <i>Rabozée</i> sur l'opportunité d'emploi de la fluorescéine .	541
<i>E.-A. Martel.</i> — Expériences complémentaires sur la fluorescéine.	543
Discussion de la théorie de Stübel sur le Volcanisme.	548
Communications reçues de M. A. de <i>Lapparent</i> au sujet des vues de M. Stübel.	548
<i>J. Bergeron.</i> — Le Volcanisme et ses théories.	552
L'hydrogène des volcans. — Extrait d'une lettre de M. Brun, de Genève . . .	554
<i>Armand Gautier.</i> — Théorie des volcans.	555
Séance mensuelle du 17 novembre 1903	563
<i>É. Mathieu.</i> — Note complémentaire sur la roche cristalline de Grand-Coo . .	565
<i>E. Harzé.</i> — Considérations géométriques sur le Houiller du Nord de la Belgique	568
<i>X. Stainier.</i> — Rencontre de troncs d'arbres-debout au charbonnage d'Oignies-Aiseau	576
<i>A. Rutot.</i> — Nouveau type de roche granitique dans la région de la Helle (frontière belgo-prussienne).	578
<i>Eugène Mailleux.</i> — Quelques mots sur les Trilobites du Couvinien des environs de Couvin.	579
<i>Eugène Mailleux.</i> — Fouilles au « Trou de l'Abîme », à Couvin (juillet 1902) .	583
<i>E. Fournier.</i> — Quelques mots sur la source d'Arcier, près de Besançon. . .	586
<i>E. Putzeys.</i> — Les sources vaclusiennes.	589
<i>Jeannot.</i> — Note au sujet de la source d'Arcier	591



SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01368 3867